



André Filipe Baptista Valério

Licenciado em Engenharia Civil

Materiais para uma construção sustentável: o caso da cortiça

Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em
Engenharia Civil – Perfil de Construção

Orientador: Miguel José das Neves Pires Amado, Professor Doutor;
Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa

Júri:

Presidente: Prof. Doutor Carlos Chastre Rodrigues

Arguente: Prof. Doutora Maria Paulina Faria

Vogal: Prof. Doutor Miguel Pires Amado



FACULDADE DE
CIÊNCIAS E TECNOLOGIA
UNIVERSIDADE NOVA DE LISBOA

Novembro de 2014

“Copyright” André Filipe Baptista Valério, FCT/UNL e UNL

A Faculdade de Ciências e Tecnologia e a Universidade Nova de Lisboa têm o direito, perpétuo e sem limites geográficos, de arquivar e publicar esta dissertação através de exemplares impressos reproduzidos em papel ou de forma digital, ou por qualquer outro meio conhecido ou que venha a ser inventado, e de a divulgar através de repositórios científicos e de admitir a sua cópia e distribuição com objectivos educacionais ou de investigação, não comerciais, desde que seja dado crédito ao autor e editor.

AGRADECIMENTOS

Gostaria de expressar o meu agradecimento a todas as pessoas que me apoiaram e que contribuíram para o meu sucesso, tanto na realização deste trabalho como no meu percurso académico.

Em primeiro lugar, agradeço ao Professor Miguel Amado pela orientação dada nesta dissertação. Os seus contributos em termos de conhecimentos transmitidos, motivação, inspiração e disponibilidade foram fundamentais para a conclusão deste trabalho.

Expresso também o meu agradecimento ao Sr. José Manuel Andrade, da Amorim Isolamentos S.A., pela vasta informação cedida e pela disponibilidade demonstrada no esclarecimento de quaisquer dúvidas.

Gostaria também de agradecer a todas as pessoas que me acompanharam no meu percurso universitário, e, em particular, aos poucos mas bons amigos que tive o prazer de conhecer e cuja amizade espero que dure por muitos e muitos anos.

Gostaria de deixar um agradecimento muito especial à Ana Raposo, pelo apoio, ajuda e motivação que me deu durante o curso e durante a realização desta dissertação.

Por último, agradeço à minha família, em particular aos meus pais, avós maternos e avó paterna, pelo apoio e amor incondicional que sempre me deram, por me educarem e fazerem de mim a pessoa que sou.

RESUMO

Vários países têm sofrido um aumento populacional elevado nos últimos anos, em particular os países em vias de desenvolvimento. Deste crescimento populacional decorre um peso adicional sobre os recursos do planeta, em parte resultante da construção de novas habitações. O sector da construção, apesar de ser uma das áreas económicas mais relevantes para o desenvolvimento é também responsável por um grande impacto ambiental em resultado do consumo de recursos e de energia.

Os materiais usados na construção consomem recursos naturais e promovem uma utilização energética que por sua vez contribui para a emissão de gases com potencial de aquecimento global.

Com a necessidade de construir novas habitações existe também imperiosa responsabilidade de serem adoptados materiais mais sustentáveis, com valores de energia incorporada inferiores usados actualmente, o que se traduzirá num menor impacto no meio ambiente. A vantagem de utilização de recursos naturais renováveis é muito vantajosa para a sustentabilidade do sector da construção. Um desses materiais é a cortiça, e é nela e nas suas aplicações em construção civil o tema em que este trabalho se foca.

Tendo em consideração que o sector da construção civil é o sector da actividade humana que consome mais recursos naturais e utiliza mais energia de modo intensivo, o desenvolvimento e uso de materiais mais ecológicos para a construção é um importante vector de sustentabilidade. O impacto que a extracção e posterior transformação das matérias-primas em materiais aptos para serem introduzidos na construção de novas habitações tem de ser analisada em face ao ciclo de vida de cada material.

O presente trabalho, analisando o recurso Cortiça e o seu potencial de utilização para a construção enquanto material, torna visível que a mesma pode ser aplicada como solução sustentável para as futuras construções que pela pressão demográfica virão a ser necessárias desenvolver.

Termo chave: Cortiça, Sustentabilidade, Materiais de construção, Ciclo de Vida.

ABSTRACT

There has been a significant population increase in many countries around the world, specifically in developing countries. This increase in population causes a rise in the use of the planet's resources and brings with it the necessity of building new houses to accommodate this growing number of people, and the Therefore, the construction sector, despite being very relevant economically, has a very big impact on the environment.

Each and every one of the building materials currently in use has a very relevant energy consumption index and its transformation from raw material to building material produces many greenhouse gases with the ability to increase global warming.

The need to build new homes brings with it the necessity to adopt sustainable materials, who require less energy in its production and consume fewer resources, which in itself translates in a smaller impact in the environment and the planet. One of those materials is cork, and it's applications in construction are the focus of this work.

Taking into consideration that the construction industry is one of the most energy consuming sectors nowadays, the development of new building materials is an important field of study, as is the impact that the extraction and subsequent transformation of raw materials into construction materials ready-to-use can make in the environment.

Considering the increment in population and the ensuing increase in the construction industry sector, this work has the purpose of understanding how do cork building materials can be applied in new sustainable constructions.

Keywords: Cork, Sustainability, Building Materials, Life Cycle.

ÍNDICE

1.Introdução.....	1
1.1.Objectivo	1
1.2.Metodologia	2
1.3.Estrutura	2
2.Estado do conhecimento	4
2.1.Conceito da construção sustentável	4
2.2.Definição de construção sustentável	6
2.3.Evolução do sector da construção	9
2.3.1.Global	9
2.3.2.Europa	11
2.4.Consumo de recursos naturais	13
2.4.1.Consumo de energia	14
2.4.2.Consumo de electricidade	16
2.4.4. Consumo de água	18
2.4.5. Consumo de materiais de construção	21
2.5.Efeitos do sector da construção sobre o planeta.....	22
2.6.Materiais de construção mais utilizados	25
2.7.O problema da habitação	26
2.8.O crescimento das necessidades de habitação social	36
2.9 Síntese do capítulo.....	44
3.Materiais para a Construção Sustentável.....	46
3.1.Recursos e Materiais e o seu Ciclo de Vida.....	46
3.2.Materiais Sustentáveis	54
3.2.1.Tipos de materiais sustentáveis.....	56
3.3 Síntese do capítulo.....	64
4.A utilização da cortiça na construção	66
4.1.Enquadramento histórico e geográfico da cortiça	66
4.2.Potencialidades de aplicação	73
4.2.1 Exemplos de aplicação em construção.....	74
4.3. Produção de produtos de cortiça para a construção civil	78
4.4. Produtos de cortiça e as suas características físico-mecânicas	83
4.4.1.Aglomerado de cortiça para isolamentos térmicos e acústicos	83
4.4.2.Aglomerado de cortiça para revestimentos de pisos e paredes.....	92

4.4.3.Granulado de cortiça expandida	92
4.4.4.Aglomerados de cortiça para isolamentos vibráticos	95
4.4.5.Aglomerados de cortiça para juntas de dilatação	95
4.5.Estudo de Ciclo de Vida	96
4.5.1.Introdução.....	96
4.5.2.Estudo de ciclo de vida da cortiça.....	100
4.5.3. Ciclo de vida de produtos de cortiça.....	101
4.6. Discussão sobre as vantagens do uso da cortiça	111
5.Conclusões e desenvolvimentos futuros	114
5.1.Conclusão.....	114
5.2.Desenvolvimentos futuros	115

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 - Estrutura da dissertação.....	3
Figura 2 - Gastos globais no sector da construção em 2011 – AECOM.....	10
Figura 3 – Crescimento esperado no sector da construção em algumas regiões – 2013.....	10
Figura 4 - Percentagem da população europeia empregue no sector da construção.....	11
Figura 5 - Evolução de novas encomendas no sector da construção na UE-15, UE-25 e EUA, 1998-2004.....	12
Figura 6 - Edifícios licenciados - Total e em construção nova para habitação 2008-2013.....	13
Figura 7 - Consumo de energia final na União Europeia por sector – 2009.....	16
Figura 8 - Consumo de electricidade, UE-27, 2010.....	16
Figura 9 – Repartição do consumo eléctrico residencial na EU-15.....	17
Figura 10 – Consumo doméstico de água europa (l/pessoa.dia) (EEA,2009).....	18
Figura 11 - Repartição do consumo de água numa habitação.....	19
Figura 12 - Consumo de energia numa habitação de 3 assoalhadas.....	21
Figura 13 - Grande expansão urbana na cidade de Los Angeles.....	26
Figura 14 – Grande expansão urbana, India.....	27
Figura 15 - Inexistência de planeamento urbano na Favela da Rocinha, Rio de Janeiro.....	28
Figura 16 – Cidades mais populosas do Mundo.....	29
Figura 17-Crescimento da população urbana e rural em regiões desenvolvidas e em regiões em desenvolvimento. 1950-2050.....	30
Figura 18 - Evolução da população mundial ao longo do tempo.....	33
Figura 19 - Evolução do aumento das temperaturas globais médias com a variação da concentração de CO ₂ atmosférico.....	37
Figura 20 - Conceitos base de uma construção sustentável.....	47
Figura 21 - Consumo de energia nos edifícios habitacionais.....	49
Figura 22 - Exigências funcionais da envolvente dos edifícios.....	50
Figura 23 - Ciclo dos materiais.....	54
Figura 24 – As três fases de um empreendimento.....	58
Figura 25 – Sobreiros.....	66
Figura 26 - Rolhas de cortiça.....	67

Figura 27 - Produtos fabricados a partir de cortiça.....	67
Figura 28 - Aspecto da cortiça antes do seu processamento.....	67
Figura 29 - A distribuição da cortiça em Portugal.....	68
Figura 30 - Esquema do crescimento da cortiça no sobreiro.....	68
Figura 31 - Estrutura microscópica da cortiça.....	70
Figura 32 - Sobreiro após o processo de descortiçamento.....	72
Figura 33 - Extracção manual da cortiça.....	73
Figura 34- Pavilhão de Portugal Expo 2010 Xangai.....	75
Figura 35 -The Cork House.....	76
Figura 36-The Cork House.....	76
Figura 37- Revestimento de fachada com cortiça à vista na The Cork House.....	77
Figura 38 - Hotel Villa Extramuros.....	77
Figura 39 – Rubbercork.....	81
Figura 40 - Estrutura de aglomerado de cortiça expandida do tipo térmico.....	85
Figura 41 - Atraso térmico em função do aumento da espessura de isolamento.....	86
Figura 42- Placa de ICB.....	87
Figura 43 - Aplicação de aglomerado de cortiça expandida no tecto.....	89
Figura 44 - Aplicação de aglomerado de cortiça expandida na parede.....	89
Figura 45 - Curva de absorção acústica (espessura=25mm).....	90
Figura 46 - Aplicação de aglomerado de cortiça expandida na laje.....	91
Figura 47 - Granulado de cortiça expandida.....	93
Figura 48 - Granulado de cortiça expandida aplicado em soalho flutuante.....	93
Figura 49- Enchimento em paredes duplas.....	94
Figura 50 - Revestimento de solo com pavimento contínuo.....	94
Figura 51 - Isolamento térmico e acústico de sótãos.....	94
Figura 52 - Ciclo de vida de produtos derivados da cortiça.....	100
Figura 53 – Descortiçamento.....	102
Figura 54 – Camião de transporte de cortiça a descarregar.....	103
Figura 55 - Diferentes tipos de trituradores.....	104
Figura 56 - Crivo calibrador.....	104
Figura 57 - Introdução do granulado no autoclave.....	112

Figura 58 - Placas de aglomerado de cortiça expandida embaladas.....	106
Figura 59 - Esquema de fabrico do aglomerado de cortiça expandida.....	107
Figura 60 - Remoção de aglomerado de cortiça expandida de edifício devoluto.....	109
Figura 61 - Granulado de cortiça expandida usado como enchimento leve de betonilhas.....	111

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1 - Os 7 princípios da Construção Sustentável.....	6
Tabela 2 - Impacto da construção civil e do uso dos edifícios.....	7
Tabela 3 - Consumo de energia por sector (Eurostat, 2011).....	10
Tabela 4 - Consumo de electricidade no sector doméstico EU-27, 2007-2012.....	17
Tabela 5 - Quantidade de matérias-primas extraídas e respectiva percentagem de desperdício.....	23
Tabela 6 – Quantidade de água utilizada na produção de materiais de construção.....	25
Tabela 7 - Habitantes de bairros pobres.....	34
Tabela 8 - Área limite para cada tipologia de Habitação Social, em 1983.....	36
Tabela 9 - Energia gasta em transporte.....	39
Tabela 10 - Tipos de construção.....	46
Tabela 11 – Tipos de energias primárias e secundárias.....	48
Tabela 12 - Água utilizada na produção de alguns materiais de construção.....	50
Tabela 13 – Fase 1 - extracção e produção.....	58
Tabela 14 – Fase 2 – Obra.....	59
Tabela 15 – Fase 3 - Pós-obra.....	59
Tabela 16 – Composição química da cortiça.....	71
Tabela 17 – Características médias do aglomerado expandido de cortiça (térmico).....	84
Tabela 18 - Dados do material.....	85
Tabela 19 - Resultados obtidos.....	86
Tabela 20 - Características do aglomerado expandido de cortiça (acústico).....	88
Tabela 21 – Características técnicas do aglomerado de cortiça expandida.....	91
Tabela 22 - Valores de resistência térmica do aglomerado de cortiça expandida.....	92
Tabela 23 – Incorporação de granulado de cortiça expandida.....	94
Tabela 24 - Metodologia de análise de ciclo de vida.....	98
Tabela 25 - Ensaio da condutibilidade térmica do aglomerado de cortiça expandida.....	110

LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E SIMBOLOS

ACV - Análise de ciclo de vida

CO - Monóxido de carbono

CO₂ - Dióxido de carbono

COV - Compostos orgânicos voláteis

GEE - Gases de efeito de estufa

HDF - Aglomerado de fibras de alta densidade

HNO₃ - Óxido nítrico

H₂SO₄ - Óxido de enxofre

ICB - Insulation cork board

LNEC - Laboratório Nacional de Engenharia Civil

LSF – Light Steel Frame

Mtep - Unidade de medida de energia, megatep (10⁶ toneladas equivalentes de petróleo)

MIT - Massachusetts Institute of Technology

ONU - Organização das Nações Unidas

SO₂ - Dióxido de enxofre

PVC - Policloreto de vinil

RCD - Resíduos de construção e demolição

RSU – Resíduos sólidos urbanos

UV – Ultravioleta

1.Introdução

Desde sempre que o Homem sentiu necessidade de garantir uma barreira contra os fenómenos climáticos como modo de possuir um espaço que o abrigue a si e a sua família, ou a comunidade em que se insere, com conforto térmico. Os primeiros exemplos físicos que demonstram esta necessidade são as cavernas e grutas que forneciam uma habitação primitiva aos primeiros espécimes humanos que procuravam um abrigo grosseiro que satisfizesse as suas necessidades mais básicas.

Com o avançar dos anos, o Homem procurou materiais que pudessem ser utilizados para construir habitações com maior conforto e em locais da sua própria escolha. Entre os diferentes materiais que vieram a ser utilizados encontra-se numa primeira fase a madeira, fácil de obter, de transportar e de transformar consoante as suas necessidades. Com o evoluir das técnicas de construção, a pedra tomou o lugar da madeira e começaram a surgir construções nesse material que marcaram toda a história da construção, desde a Antiguidade até ao início da Revolução Industrial, altura em que começou a ser utilizado o aço na construção. Posteriormente, o aparecimento do cimento veio revolucionar o sector da construção, assim como a sua junção com o aço, sendo criado assim o betão armado.

Decorrente do crescimento demográfico e da concentração populacional em cidades e unidades de produção, o aumento do consumo de recursos naturais utilizado pelo sector da construção, tem conduzido a uma sobreexploração de alguns recursos não renováveis e a um aumento dos consumos de energia. Esse aumento energético é também ele responsável pelos gases de efeito de estufa que promovem o aquecimento global. Importa pois que face á previsível necessidade de aumentar o número de habitações, em especial nos países em vias de desenvolvimento, que se estude o potencial de utilização de materiais ecológicos e renováveis.

Neste contexto, considerou-se que a cortiça, sendo um material renovável e com elevado contributo para a redução dos gases de efeito de estufa, pode ser um material com grande valia para o sector da construção.

1.1.Objectivo

O objectivo desta dissertação é estudar o contributo de material mais ecológico e renovável para o problema da habitação actual, a necessidade de construção de mais habitações para uma população em expansão, correspondendo assim à procura de habitações nos países em vias de desenvolvimento que irão sofrer aumentos populacionais (Un-Habitat, 2014)

É necessário compreender a necessidade actual de fornecer habitações à população e de estudar o impacto que a construção civil tem sobre o planeta, entendendo a magnitude do consumo energético associado ao sector da construção. Pretende-se, como objectivo desta dissertação proceder ao estudo da cortiça como uma material renovável, possível de ser utilizado em construção civil de uma forma sustentável, e que possa ser aplicado nos diferentes em países em vias de desenvolvimento.

1.2. Metodologia

Esta dissertação incide inicialmente no estudo do aumento populacional que o nosso planeta tem vindo a sofrer nas últimas décadas e na necessidade de fornecer habitações a um crescente número de pessoas.

Associado a este tema, estudou-se a construção sustentável, a evolução do sector da construção, o consumo de recursos naturais para a produção de materiais de construção. Também se procurou estudar o problema da habitação e da sua necessidade para um fazer face ao aumento populacional.

Conjugando esta situação com o tema da sustentabilidade sentiu-se a necessidade de encontrar um material de isolamento térmico com um baixo impacte ambiental, de baixa energia incorporada, reciclável e reutilizável, e que fosse de encontro às necessidades de conforto exigidas pelos habitantes de uma habitação a ser construída actualmente

1.3. Estrutura

O trabalho encontra-se dividido em diferentes capítulos e subcapítulos devidamente estruturados, cada um englobando uma temática própria. A dissertação foca-se sobre diversos assuntos mas que seguem um fio comum, havendo o cuidado de ser apresentado uma ligação entre um capítulo e o capítulo subsequente.

No primeiro capítulo, a Introdução, é feita uma apresentação com objectivo de ajudar o leitor a inteirar-se do tema central do trabalho, descrevendo a importância do tema escolhido, assim como os objectivos pretendidos, a metodologia e a estrutura da dissertação.

O segundo capítulo, o Estado do Conhecimento, é o mais extenso. Nele estão englobadas as bases do trabalho, centradas no estudo da sustentabilidade, do sector da construção civil e do seu impacto nos recursos naturais e também no problema da habitação a nível global.

No terceiro capítulo, a tese debruça-se sobre a importância dos materiais de construção para a sustentabilidade e foca-se nos valores sobre consumo no sector da construção, efeitos do sector da construção sobre o planeta e materiais de construção.

O quarto capítulo inicia- na utilização da cortiça na construção. Neste capítulo é estudada a cortiça como matéria-prima, e dá-se a conhecer as suas características e propriedades, potencialidades e exemplos de aplicação.

É feito um estudo de ciclo de vida com relevância para a energia incorporada, potencial de isolamento e durabilidade.

Por fim, no quinto capítulo apresentam-se as considerações finais da dissertação: conclusões atingidas e recomendações para futuras investigações que possam de alguma forma complementar este trabalho.

Na figura abaixo encontra-se esquematizada a estrutura que esta dissertação de mestrado irá seguir:

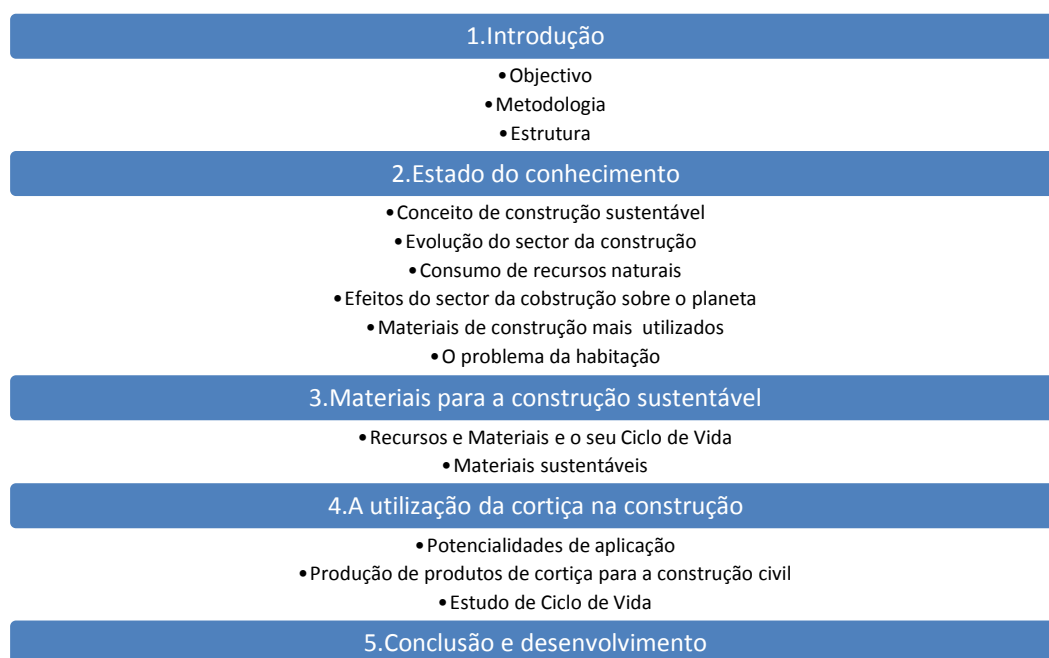


Figura 1 – Estrutura da dissertação

2.Estado do conhecimento

2.1.Conceito da construção sustentável

Sustentabilidade é um conceito complexo, com carácter económico, ecológico e social, utilizado em diversas áreas actualmente.

Não foi na arquitectura ou na construção civil que o termo sustentabilidade foi utilizado pela primeira vez. O desenvolvimento sustentável foi divulgado pela primeira vez na publicação *World Conservation Strategy*, publicado em 1980 pela *World Conservation Union* (IUCN). Desde a década de 1980 tem sido introduzido em áreas económicas, como referência para um desenvolvimento económico que tenha preocupação em questões ambientais. Mais tarde esse conceito estendeu-se para diversas indústrias, como a química, a mecânica e a agricultura. Contudo, a indústria da construção civil teve uma preocupação tardia com a sustentabilidade (Bay, 2006).

No relatório *Our common future*, conhecido como *relatório de Brundtland* (1987), surge a expressão “desenvolvimento sustentável”, como aquele que permite “satisfazer as necessidades do presente sem comprometer a capacidade das gerações futuras de suprir suas próprias necessidades”. Esse relatório, elaborado pela *Comissão Mundial sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento*, fez parte de uma série de iniciativas que apresentaram uma visão crítica em relação ao modelo de desenvolvimento adoptado (Brundtland, 1987).

A definição de sustentabilidade e desenvolvimento sustentável tem evoluído ao longo de diversos congressos mundiais. Em 1992, realizou-se a *Conferência das Nações Unidas sobre Ambiente e Desenvolvimento*, no Rio de Janeiro, evento importante que reuniu mais de 170 delegações governamentais propondo colocar as nações no rumo do desenvolvimento sustentável, aprovando metas a cumprir, bem como a *Agenda 21*.

A *Agenda 21* é um plano normativo para o desenvolvimento sustentável e inclui instruções para a arquitectura sustentável. Como pontos-chave, tem-se:

- O uso de tecnologias e materiais locais;
- Redução de resíduos;
- Desenvolvimento e conhecimento de impactos ambientais dos edifícios;
- Ajuda na autoconstrução de habitações para pessoas carenciadas.

Segundo Peneda (2008), o desenvolvimento sustentável é um processo de mudança, a partir do qual a exploração de recursos, o direccionamento dos investimentos, o desenvolvimento tecnológico e a mudança institucional são utilizados em conjunto de forma a ir de encontro às necessidades e expectativas humanas.

O conceito mais genérico do termo sustentabilidade passa pela busca de soluções e estratégias que permitam a eficiência, o conforto e a continuidade do desenvolvimento das sociedades humanas, sem que para isso seja necessário prejudicar o ecossistema e as gerações futuras. Os principais factores para alcançar o desenvolvimento sustentável são (Edwards, 2008):

- Educação;
- Legislação;
- Tributação;
- Eficiência profissional;
- Benefícios empresariais;
- Imagem e reputação;

É consensual que para haver desenvolvimento sustentável é necessário haver uma reestruturação da relação entre os seres humanos e as suas necessidades e o meio ambiente. Existe porém divergências de opinião sobre o que é mais importante: o meio ambiente ou satisfazer as necessidades humanas.

Nos anos 90 do século XX, tornou-se comum que o desenvolvimento sustentável deveria ter três pilares: o ambiental, o económico e o social. Os valores ambientais prendem-se com a sustentabilidade de recursos e preservação ambiental, os valores económicos estão relacionados com a satisfação das necessidades humanas e a eficiência económica, e os sociais dizem respeito a justiça distributiva, o combate a pobreza e exclusão social (Augusto, 2011). Alguns autores ainda referem no quarto pilar da sustentabilidade: o cultural. Este pilar refere a necessidade de promover a identidade cultural nas diversas regiões, preservando raízes históricas.

2.2. Definição de construção sustentável

A construção sustentável deriva do conceito de desenvolvimento sustentável. O sector da construção é actualmente o sector económico que mais recursos consome e apresenta-se ainda com elevado grau de insustentabilidade, portanto a necessidade de uma construção sustentável busca propor o funcionamento eficiente das cidades e edifícios, traduzindo em economia, respeito social e ambiental.

A consciência para esta problemática iniciou-se a partir de diversos acontecimentos: 1970 com o documento do Green Building; 1973 com choque do petróleo e a procura por novos tipos de fontes energéticas; 1980 com o surgimento generalizado da Avaliação Ambiental de Edifícios e em 1987 com o relatório de Brundtland (Amado, 2009).

Em 1994, Charles Kibert definiu, no contexto do *Conselho Internacional da Construção – CIB*, o conceito de construção sustentável como “a criação e manutenção responsáveis de um ambiente construído saudável, baseado na utilização eficiente de recursos e no projeto baseado em princípios ecológicos” (Kibert, 2008). Ainda em 1994, o CIB também definiu os 7 Princípios para a Construção Sustentável.

Tabela 1 - Os 7 princípios da Construção Sustentável (Peneda, 2008)

Os 7 princípios da Construção Sustentável
1 – Redução no consumo de recursos
2 – Reutilização de recursos
3 – Utilização de recursos recicláveis
4 – Protecção da natureza
5 – Eliminação de tóxicos
6 – Aplicação de análises de ciclo de vida em termos económicos
7 – Ênfase na qualidade

Assim como o desenvolvimento sustentável, a construção sustentável apoia-se na harmonia dos pilares económicos, ambientais e sociais. Neste caso a dimensão económica está relacionada com a valorização do activo imobiliário, a criação de emprego e o desenvolvimento de outros sectores económicos. A dimensão ambiental tem em conta o consumo de recursos naturais, emissões de GEE, produção de resíduos, conforto térmico e acústico, ocupação do solo e impacto na biodiversidade. A dimensão social relaciona saúde e segurança no trabalho, formação profissional, integração e social, alteração paisagística e impacto visual (Augusto, 2011).

Relativamente as actividades construtivas, as preocupações tradicionais centravam-se na qualidade do produto, no tempo gasto para produção e nos custos associados. Porém, a construção sustentável apresenta novos paradigmas. A preocupação ambiental provocou a introdução de aspectos relacionados com a qualidade ambiental na chamada construção eco-eficiente, cujas preocupações baseiam-se no consumo de recursos, emissões de poluentes e preservação da biodiversidade. Por fim, a construção sustentável soma então os princípios da construção tradicional e da construção eco-eficiente, introduzindo a estas as dimensões ambiental, social e económica.

Um grande dilema associado ao tema da construção sustentável e eco-eficiente é que para se conseguir baixos custos de operação e manutenção das construções é necessário aceitar custos iniciais mais elevados do que para a construção corrente (Correia Guedes, 2011). Porém sabe-se que o tempo de vida útil das construções é relativamente elevado, é importante pensar em longo prazo e investir em tecnologias ecológicas, mesmo que os benefícios só sejam notados após vários anos. É preciso ter em conta a vida útil das edificações e das próprias cidades em que elas se inserem (Edwards, 2008):

- Acabamentos: 10 anos
- Instalações: 20 anos
- Edificações: + 50 anos
- Infraestruturas (viárias e ferroviárias): +100 anos
- Cidades: +500 anos

Uma obra sustentável deve considerar todo o processo no qual o projecto é concebido, construído, utilizado e o seu pós vida útil. É fundamental saber quem vai usar os ambientes, quanto tempo de vida útil terá e se depois desse tempo todo poderá servir para outros propósitos ou não. Evitar desperdícios, minimizar a energia gasta nos processos construtivos e operativos e ter preocupação se os materiais podem ser reaproveitados. Isso tudo faz parte de um projecto sustentável.

Tabela 2 - Impacto da construção civil e do uso dos edifícios (Edwards, 2008)

Comparação entre o impacto da construção civil e o uso de edifícios		
Impacto	Construção	Uso
Recursos energéticos	Médio	Alto
Água	Médio	Alto
Recursos minerais	Alto	Baixo
Transporte	Médio	Alto
Poluição do ar	Baixo	Médio
Poluição da água	Alto	Baixo
Poluição sonora	Alto	Baixo
Impacto visual	Alto	Médio
Impacto sobre a flora e a fauna	Alto	Baixo
Resíduos sólidos	Médio	Alto
Saúde	Alto	Médio

À medida que os edifícios se vão tornando cada vez mais eficientes do ponto de vista energético, os materiais de construção vão adquirindo uma maior importância, o que justifica que sobre os materiais de construção também haja uma atenção acrescida (Torgal,2010).

Os materiais eco-eficientes são aqueles que garantem durabilidade, baixa manutenção, baixa energia primária incorporada, economia ao longo do seu ciclo de vida e além disso que não sejam nocivos à camada de ozono. São ainda materiais locais e elaborados a partir de materiais primas recicladas e que preferencialmente tenham possibilidades de serem reutilizadas após a sua vida útil. Também é preciso ter em atenção alguns cuidados adicionais com o local de aplicação do material de construção, por exemplo, o ferro oxida e os materiais em geral poderão deteriorar-se mais rapidamente em climas mais quentes do que em climas mais amenos (Bay, 2006).

Não é possível saber a partida se o betão é mais amigo do ambiente do que o aço. O primeiro pode utilizar materiais locais e ainda permitir o escoamento de vários resíduos industriais, mas produz grande quantidade de CO₂. O segundo apresenta vantagem de poder ser reciclado indefinidamente, mas a sua produção requer elevado consumo energético, e ainda é um material susceptível a corrosão. É necessário, então, a contabilização de todos os impactos ambientais causados por cada material, desde o início das extracções das matérias-primas (*cradle*) até a fase final do ciclo de vida (*grave*). Ou seja, é importante fazer uma *Análise do Ciclo de Vida* (ACV) (Torgal,2010).

A aplicação de análises de ciclo de vida está regulamentada internacionalmente pelas normas ISO 14040, ISO 14041, ISO 14042 e ISO 14043, desde 1996. Porém um dos inconvenientes das ACV está no fato de necessitarem de uma grande quantidade de dados sobre os impactos ambientais dos materiais para as diversas fases que compõem o ciclo de vida. Uma ACV também requer muito tempo de trabalho. As categorias de impactos ambientais geralmente utilizadas para as ACV são: consumo de recursos não renováveis; consumo de água; potencial de aquecimento global; potencial de redução da camada de ozono; potencial de eutrofização; potencial de acidificação; potencial de formação de smog; toxicidade humana; produção de resíduos; uso de terra; poluição do ar; alteração de habitats (Torgal,2010).

Deve-se ter em atenção que a ordem de importância de cada categoria não é a mesma para todos os países, depende da realidade de cada região. Por exemplo, um produto que consuma uma elevada quantidade de água, constitui um elevado impacto ambiental num país bastante árido, mas o mesmo já pode não ser verdade se for produzido no Norte da Europa. Faz então todo sentido que a categoria de impacto ambiental referente ao consumo de água tenha pesos diferentes conforme o clima e abundância de água do local de produção (Torgal,2010).

O sucesso dessa avaliação depende da existência de listagens exaustivas sobre os impactos ambientais associados ao fabrico dos diferentes materiais e também aos diferentes processos construtivos, em

cada país. Há actualmente diversos softwares que fazem a ACV consoante dados de vários países. Como exemplo desses softwares tem-se o BEES (*Building for environmental and economic sustainability*) desenvolvido pela *U.S. Environmental Protection Agency*, o qual é disponibilizado gratuitamente para qualquer potencial utilizador.

De início, é preciso perceber quais são os impactos ambientais provocados pela extração de matérias-primas para se perceber qual é a importância dos materiais no contexto da construção sustentável. Uma das mais extremas questões prende-se na possibilidade de esgotamento das matérias-primas não renováveis. Não existem matérias-primas inesgotáveis. Pensa-se contudo que o maior problema ambiental associado ao consumo de recursos não será a possibilidade de esgotamento de matérias-primas, mas antes os impactos ambientais provocados pela sua extração (Meadows, 2004). Como a destruição da biodiversidade dos locais de extração e pela quantidade de resíduos gerados, e também pelos possíveis acidentes ambientais (Torgal,2010).

Enfim, um projecto sustentável envolve a redução do aquecimento global através da eficiência energética e uso de técnicas, como a análise do ciclo de vida, com o objectivo de manter o equilíbrio entre o investimento inicial e os gastos a longo prazo. Assim como também envolve a concepção de espaços saudáveis, viáveis economicamente e sensíveis às necessidades sociais (Edwards, 2008).

Em muitos países, não apenas tropicais, a construção sustentável enfrenta desafios como a falta de dados regionais para avaliação da sustentabilidade e a ausência de políticas governamentais favoráveis ao desenvolvimento sustentável. Sem a devida liderança governamental, financiamento e regulamentação apropriada para promover as construções sustentáveis, esse tema torna-se bastante complicado de ser aplicado (Baratella, 2011).

2.3.Evolução do sector da construção

2.3.1.Global

Em termos mundiais, o sector da construção encontra-se em expansão, embora a um ritmo inferior ao verificado no passado. Segundo dados da AECOM, em 2011, o sector da construção foi responsável por movimentar cerca de 4,6 milhares de milhões de dólares, com um crescimento de 0.5% desde o ano anterior.

Todas as regiões verificaram um crescimento na construção, com excepções para a Europa Ocidental e a América do Norte. A Ásia e a América Latina foram as regiões onde se verificou mais crescimento neste sector.

Materialis para uma construção sustentável: o caso da cortiça

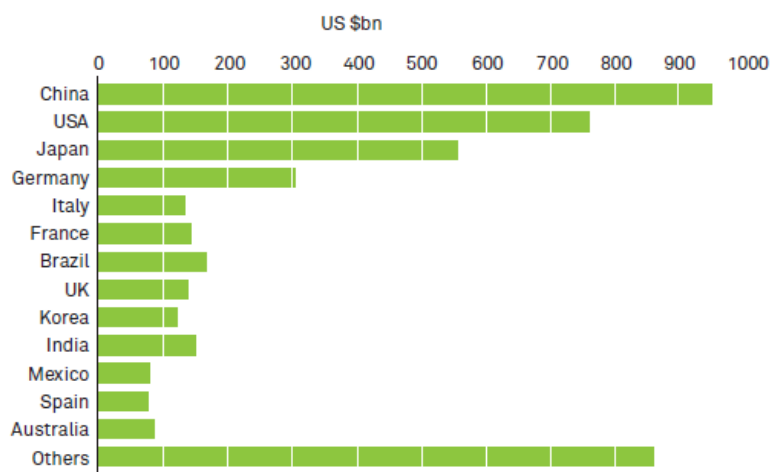


Figura 2 - Gastos globais no sector da construção em 2011 - AECOM

A China voltou a ser em 2011 o maior mercado da construção a nível mundial, sendo que a Europa Ocidental foi a região em que o mercado mais sofreu com a crise no sector.

É expectável também que certos países asiáticos, entre eles a China, a Índia, a Indonésia e o Vietname continuem a crescer com valores entre os 7 e os 9%.

De facto, segundo dados estatísticos recentes, é possível verificar que é esperado um grande crescimento no sector da construção a nível global, à excepção dos países da União Europeia, como se verifica na figura seguinte.

Estimated construction industry growth rates in selected regions in 2013

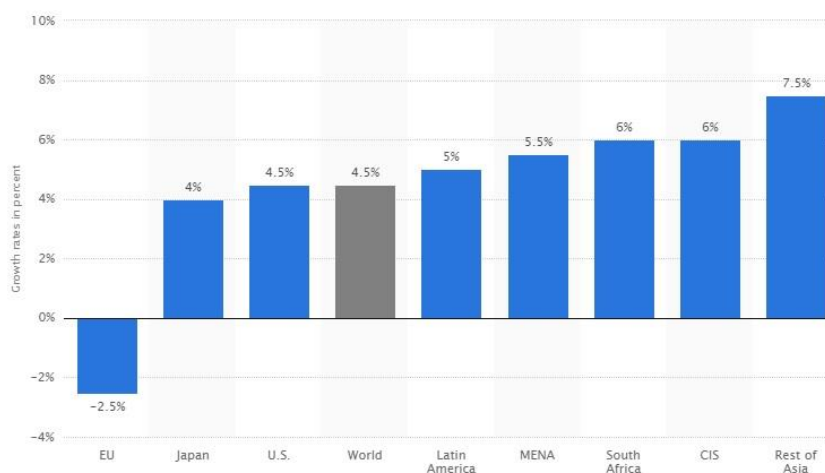


Figura 3 – Crescimento esperado no sector da construção em algumas regiões - 2013

Analisando o gráfico é possível concluir que os maiores aumentos na construção irão ocorrer no Médio Oriente, África, Ásia e países da ex-URSS.

2.3.2.Europa

Como foi visto anteriormente, o mercado da construção na Europa encontra-se diminuído em relação ao passado, contudo, é um sector com uma grande relevância económica. Em 2002, este sector empregava cerca de 12 milhões de pessoas na União Europeia, cerca 10% do número total de empregados.

O número de pessoas empregadas pelo sector da construção é por isso um sinal indicativo da sua importância económica. Na figura abaixo podemos ver que em muitos países europeus a construção é responsável por entre 10 a 13% do emprego nesses países sendo que em alguns casos o valor de 13% é ultrapassado.

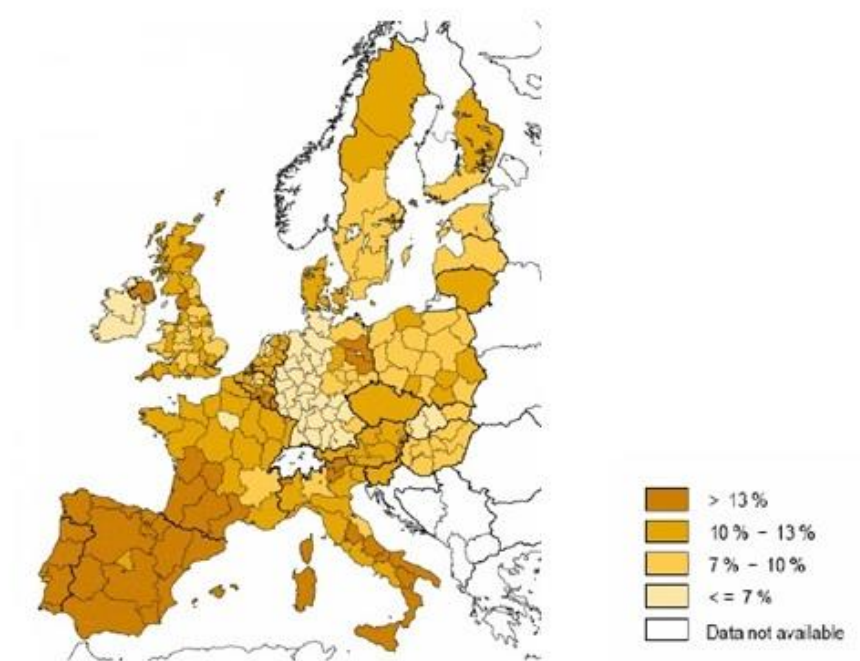


Figura 4 - Percentagem da população europeia empregue no sector da construção

O país que mais contribui para o peso que a construção civil tem na economia europeia é o Reino Unido, seguido pela Alemanha e a França.

Estudar a evolução de encomendas de novos trabalhos de construção também é um bom indicador da evolução do sector. No gráfico abaixo verifica-se, em termos percentuais, que desde 1998 até 2004 houve um aumento gradual de construção.

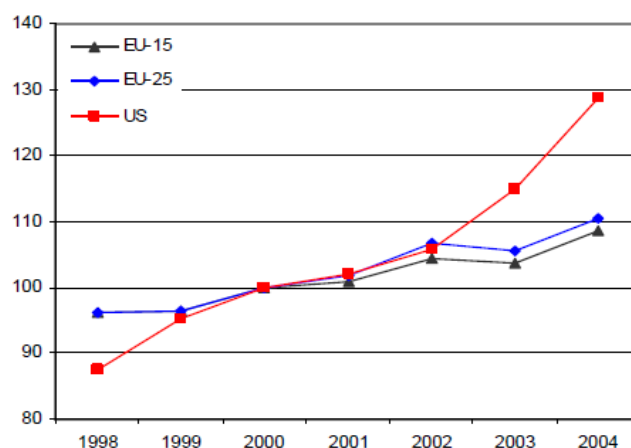


Figura 5 - Evolução de novas encomendas no sector da construção na UE-15, UE-25 e EUA, 1998-2004

Contudo, os valores que se verificaram na Europa são inferiores aos dados dos Estados Unidos.

2.3.3. Portugal

Em Portugal, segundo dados do Instituto Nacional de Estatística, no ano de 2013 o número de edifícios licenciados em Portugal diminuiu 22,7% face ao ano anterior (-17,0% em 2012), tendo sido licenciados 16 253 edifícios, acentuando-se a tendência negativa que se vem registando desde o ano 2000.

No que respeita às obras concluídas (e tendo por base as estimativas para o período de 2012 e 2013), registou-se um decréscimo de 11,0% no número de edifícios concluídos (+0,3% em 2012), correspondendo a 23 079 edifícios, na sua maioria respeitando a edifícios residenciais (cerca de 71,2%), dos quais 73,5% relativos a construções novas.

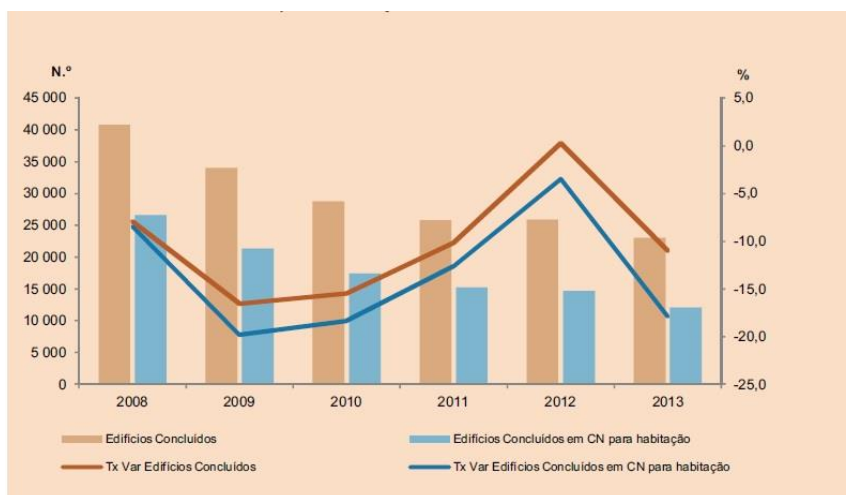


Figura 6 - Edifícios licenciados - Total e em construção nova para habitação 2008-2013

Na figura acima vemos que o número de habitações construídas em Portugal tem vindo a diminuir desde 2008 até ao ano 2013.

Portanto, e tal como já foi visto, Portugal é um dos países europeus afectados negativamente pela crise no sector da construção civil que se tem verificado nos últimos anos.

2.4. Consumo de recursos naturais

O desafio para o século XXI será atingir o desenvolvimento sustentável mantendo os níveis de qualidade de vida de uma população crescente e com maiores expectativas para o seu bem-estar.

A necessidade de abastecimento suficiente de energia e outros recursos de um modo sustentável é outro dos grandes objectivos.

É fundamental que se sigam as políticas ambientais e energéticas já implementadas e, principalmente, que as tornem mais exigentes. Apenas desta forma será possível atingir os objectivos de minimização de emissões de gases que contribuem para o efeito de estufa, diminuição da poluição atmosférica e de redução significativa dos impactos adversos sobre o ambiente.

No Painel Intergovernamental das Alterações Climáticas (IPCC), publicado em 2007, é salientado que uma das principais áreas com maior potencial económico para as reduções é o consumo de energia em edifícios.

Outro recurso fundamental utilizado no sector doméstico é a água. O reconhecimento da água como um recurso natural escasso, dos mais importantes para a vida e para o meio urbano, leva à necessidade de que a sua utilização se torne mais sustentável e eficiente.

Tendo em conta que a problemática da escassez de água, a nível mundial, é objecto de debate há vários anos, é possível no momento observar alguns resultados dos esforços aplicados pelos governos. Em alguns países europeus é notável um aumento da eficiência no consumo de água. Este aumento de eficiência deve-se sobretudo a subidas de preços e à implementação de medidas de poupança de água. No entanto, a utilização deste recurso pode ainda ser mais eficiente (Dworak, 2007).

Segundo um estudo referido pela Comissão Europeia sobre Seca e Escassez de Água, o potencial de poupança de água na União Europeia é de, aproximadamente, 40% (Pinheiro, 2008).

Neste contexto, é importante avaliar, com maior detalhe, os consumos energéticos e hídricos do sector doméstico, com o propósito de compreender em que aspectos uma construção mais sustentável de edifícios poderia alterar estes consumos e, assim, diminuir a contribuição deste sector para emissão de gases poluentes e resolver, em parte, o problema da escassez de água.

Além dos recursos consumidos pelo sector doméstico, previamente referidos, é relevante analisar ainda os recursos utilizados directamente na construção e reabilitação do parque edificado.

Entre a vasta gama de materiais de construção disponíveis é importante aferir que energia é utilizada na sua extracção, processamento, armazenamento, transporte para o local de construção, montagem e construção em obra, bem como a sua futura reciclagem e reutilização, efeitos nas condições de conforto ambiental no interior dos edifícios e impacte sobre o ambiente.

Por estas razões, é na fase de projecto e construção que deverão ser tomadas as decisões que tenderão a diminuir os impactes produzidos durante as fases de construção e de utilização dos edifícios, tornando-os, através de medidas acertadas, mais sustentáveis.

2.4.1. Consumo de energia

O desafio climático surgiu como o principal pilar das políticas da União Europeia destinadas a acelerar a transição para a sustentabilidade energética. Como líder mundial em energia e em políticas climáticas, a União Europeia enfrenta um duplo desafio. Se por um lado é necessário estimular os

mercados globais e a competitividade energética, por outro é imperativo que estes sigam um caminho rumo a um futuro energético sustentável (Eurostat, 2009).

Para atingir estes objectivos, é dado especial ênfase à legislação recentemente promulgada e às propostas para tornar a energia europeia mais segura, competitiva e sustentável.

Nos últimos 15 anos assistiu-se a enormes mudanças na estrutura do sistema energético na União Europeia, sendo algumas tendências observadas dignas de referência. Uma delas, bastante significativa, é a diminuição da intensidade energética nos últimos anos.

Contudo, com se pode observar através na tabela abaixo, o sector dos transportes e o sector industrial não diminuíram o seu consumo energético, evidenciando, assim, que a tendência é uma economia cada vez mais orientada para os sectores de serviços e famílias (Eurostat, 2011).

Tabela 3 - Consumo de energia por sector (Eurostat, 2011)

Consumo de Energia (1000 toe*) – UE - 27		
Sector	2009	2010
Indústria	319494	322846
Transportes	371144	377249
Famílias	304688	284553
Agricultura	28345	27826
Serviços	136317	129985
Outros sectores	15566	15170

*1 toe = 11634 kWh

A estratificação do consumo final de energia na União Europeia, como é apresentada na figura abaixo, indica que o consumo energético é dominado pela indústria, pelos transportes, e pelas famílias, que em conjunto representaram 86% do total de energia consumida, em 2007.

Segundo o relatório do Eurostat (2009), Panorama da Energia, no sector industrial global os ramos da indústria de ferro e aço, a indústria de produtos químicos e a de materiais de construção representam mais de metade do consumo total deste sector, consumindo principalmente gás natural e electricidade. As famílias, que representam o terceiro maior sector consumidor de energia, com 25% da energia total, consomem maioritariamente gás natural e em seguida electricidade.

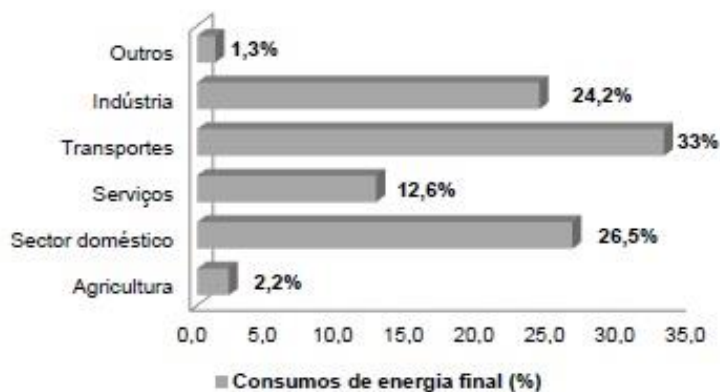


Figura 7 - Consumo de energia final na União Europeia por sector – 2009 (Eurostat)

2.4.2. Consumo de electricidade

Globalmente, o consumo final de electricidade na UE-27 tem crescido rapidamente nos últimos anos. Este consumo é dominado pelo sector industrial, o qual representava, em 2010, 40% do consumo total. Seguem-se as famílias que consomem 28% da energia eléctrica e o sector de serviços que representa 29% (Eurostat, 2009).

Consumo de electricidade, UE-27, 2010

■ Indústria ■ Transportes ■ Serviços ■ Famílias

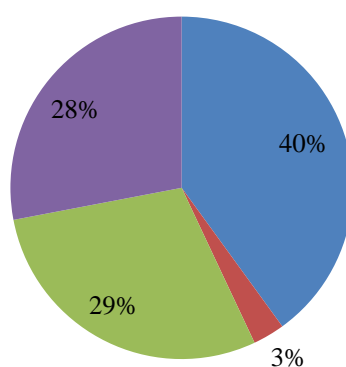


Figura 8 - Consumo de electricidade, UE-27, 2010 (Eurostat)

O sector doméstico, a par com o sector de serviços, consome uma percentagem bastante significativa de recurso. Em ambos os sectores os consumos eléctricos acontecem maioritariamente dentro de edifícios, em iluminação, aquecimento, arrefecimento e para manutenção do funcionamento de todos os equipamentos necessários para o quotidiano destes sectores.

Tabela 4 - Consumo de electricidade no sector doméstico EU-27, 2007-2012

Consumo de electricidade no sector doméstico EU-27, 2007-2012	
2007	69,666
2008	70,4727
2009	70,5302
2010	72,6962
2011	69,0172
2012	71,2247

Como se pode verificar o consumo das famílias foi aumentando, em média, cerca de 1,85% ao ano, até 2011, sofrendo um decréscimo de 0,7% no último ano de recolha e disponibilização de dados (2011-2012).

Esta diminuição do consumo de electricidade deveu-se, sobretudo, à implementação de legislação e a incentivos para a alteração dos hábitos quotidianos das famílias.

Em 2004, foi realizado um estudo pelo Instituto do Ambiente e Sustentabilidade (IES – Institute for Environment and Sustainability) em conjunto com a Agência Internacional da Energia (IEA) com o objectivo de compreender como era utilizada a electricidade pelo sector doméstico.

Após a conclusão do mesmo, foi possível concluir que as famílias dos 15 países da União Europeia (EU-15), em média, consumiam energia eléctrica sobretudo em aquecimento do ambiente interior (26%), seguindo-se os consumos em frigoríficos e arcas (15%) e em iluminação (12%), como se pode observar na figura seguinte (Bertoldi, 2007).

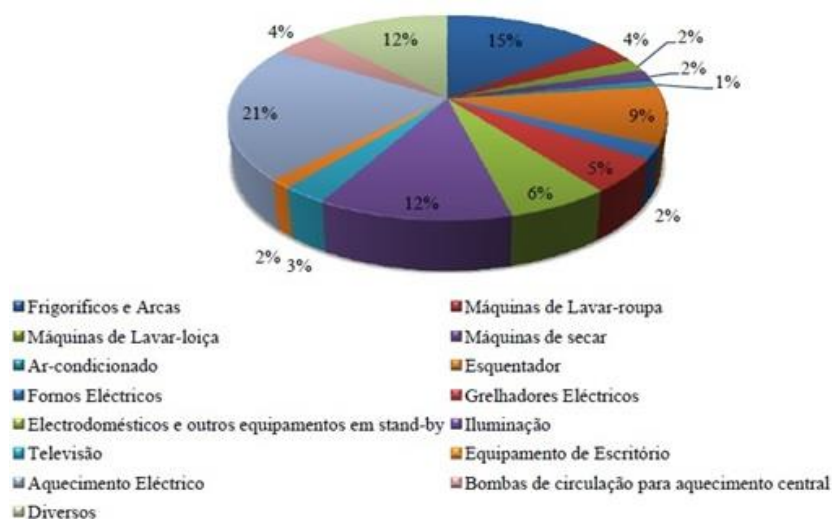


Figura 9 – Repartição do consumo eléctrico residencial na EU-15 (Bertoldi)

Os consumos em aquecimento e iluminação têm grande potencial de redução, como referido, pois estão intimamente relacionados com as soluções construtivas adoptadas na construção ou reabilitação do próprio edifício e não apenas com os hábitos dos utilizadores.

Pode-se, então, verificar que, embora não seja o maior consumidor, o sector residencial tem consumos significativos de electricidade e a utilização deste tipo de energia pelo sector doméstico tem vindo a aumentar consideravelmente.

2.4.4. Consumo de água

A nível europeu, segundo a Agência Europeia do Ambiente (EEA - *European Environment Agency*), 44% da água captada é utilizada na produção de energia eléctrica, 24% na agricultura, 21% no abastecimento público de água e 11% na indústria.

Não obstante, estes valores não são válidos para todos os países da Europa, por exemplo, em alguns países do sul da Europa a agricultura utiliza mais de 60% da água captada.

Embora a água captada para abastecimento público não inclua apenas o fornecimento para o sector residencial, incluindo também o abastecimento de água para pequenas empresas, hotéis, escritórios, hospitais e escolas, as famílias consomem entre 60 a 80% do abastecimento público de água em toda a Europa (EEA, 2009).

O relatório anual da Associação Europeia da Água – EWA, de 2010, aponta que a média nacional, *per capita*, de abastecimento público de água varia significativamente entre os vários países europeus, como se pode observar na figura que se segue.

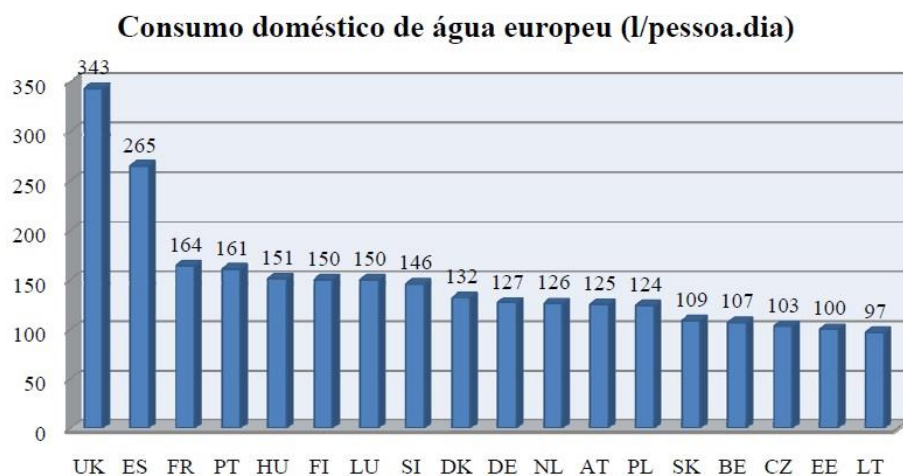


Figura 10 – Consumo doméstico de água europa (l/pessoa.dia) (EEA,2009)

A figura 10 mostra que o consumo médio de água por pessoa é mais elevado no Reino Unido, Espanha, seguindo-se França e Portugal.

Na Europa, a proporção da água captada para uso urbano varia de cerca de 6,5% na Alemanha, para mais de 50% no Reino Unido. A distribuição e densidade da população são factores-chave que influenciam a disponibilidade de água. Uma elevada concentração urbana e o consequente aumento da procura de água podem originar uma sobreexploração dos recursos hídricos locais (Eurostat, 2007).

A melhoria contínua do nível de vida das famílias está a mudar os padrões da procura de água. Isto reflecte-se principalmente no aumento da utilização doméstica da mesma, especialmente para uso na higiene pessoal. O resultado é que a maior parte do consumo urbano da água é para uso doméstico. As famílias utilizam água, maioritariamente, em autoclismos (33%), banhos e duches (20-32%), e máquinas de lavar roupa e louça (15%). A proporção de água usada para cozinhar e beber (3%) é mínima, comparada com os outros usos (Eurostat, 2007).

Sendo o sector residencial o que mais consome água da rede pública é importante analisar e compreender em que actividade é utilizada em maior quantidade numa habitação. Contudo, existe uma grande falta de estudos actualizados e representativos, a nível nacional, de caracterização quantitativa do consumo doméstico.

Em resultado de um estudo, com uma amostra limitada, apresentado por Vieira (2002) estimaram-se as estruturas de consumo médias que consta na figura seguinte:

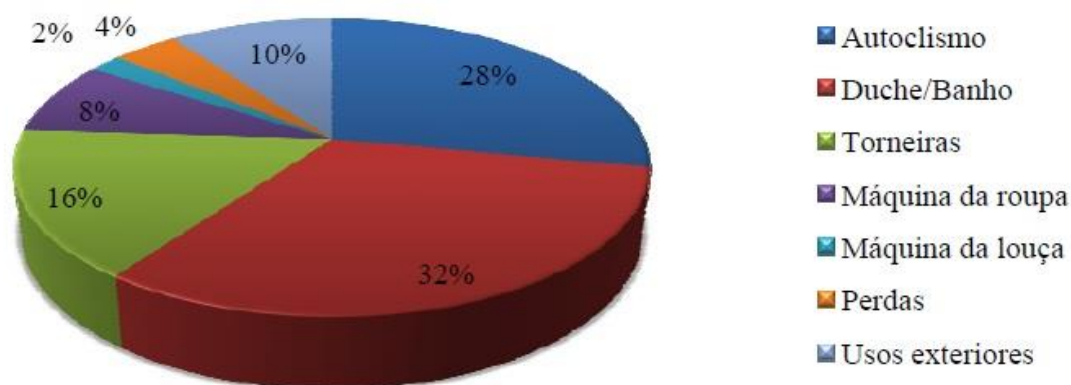


Figura 11 - Repartição do consumo de água numa habitação (Vieira)

Ao analisar o gráfico da repartição do consumo de água numa habitação verifica-se a predominância da utilização de água nas casas de banho, sendo que a descarga de autoclismos representa 28% e os duches/banhos 32% do consumo total numa habitação.

Estima-se que, em média, as torneiras representem 16% do consumo total e as máquinas de lavagem de roupa e loiça tenham associado um consumo de aproximadamente 10% do total.

As parcelas de usos exteriores (10%) e de perdas a jusante dos contadores (4%) (torneiras ou chuveiros que pingam ou autoclismos com vedação imperfeita) podem apresentar valores muito diferentes do considerado nesta estrutura de consumos.

Ao contrário dos usos interiores, a componente exterior do consumo de água depende significativamente da tipologia da habitação, da região em que esta se localiza, do respectivo clima e da estação do ano. Em relação às perdas, há ainda que considerar que estas podem ser extremamente variáveis de caso para caso, e que podem ocorrer nas redes prediais, no interior ou exterior da habitação, bem como nos dispositivos e equipamentos (Vieira, 2006).

Através deste estudo concluiu-se que a utilização de água numa habitação é extremamente elevada relativamente ao que é necessário para atingir os níveis de conforto desejados, uma vez que em alguns equipamentos e actividades não é necessária a utilização de água potável, como é o caso de autoclismos e lavagens exteriores. Compreende-se, então, que a reutilização de águas pluviais ou de lavagens pode representar uma poupança bastante significativa do consumo de água potável numa habitação.

2.4.5. Consumo de materiais de construção

Além do elevado consumo de energia que actualmente é praticado nos edifícios de habitação, motivado muitas vezes pelas fracas tecnologias construtivas adoptadas, a própria construção é uma das actividades com maior impacte ambiental.

Esse impacte está, principalmente, associado à construção nova, resultado do consumo de enormes quantidades de recursos, matérias-primas e energia.

O sector da construção consome aproximadamente 30% dos recursos naturais utilizados, tendo por isso uma enorme responsabilidade pela dissipação desses recursos e, por conseguinte, pela degradação do ambiente (emissões de CO₂ e produção de resíduos) (UNEP, 2006)

Segundo dados do *Worldwatch Institute*, a construção de edifícios consome 40% da pedra, areia e brita, 25% da madeira e 16% da água usada anualmente no mundo (Arena e Rosa, 2003, citado por Dimoudi e Tompa, 2008).

Não é apenas o peso dos materiais incorporados nas edificações que os diversos intervenientes, numa fase de projecto, devem ter em conta. A energia proveniente de fontes não renováveis consumida na sua extracção, processamento, transporte e aplicação em obra poderá ser bastante significativa para ser negligenciada.

Segundo Berge (2000), a quantidade de energia que é utilizada na produção de materiais de construção varia entre 6% a 20% do consumo total de energia num edifício durante 50 anos de utilização, dependendo do tipo de soluções construtivas adoptadas, do clima, hábitos de utilização, entre outros, como tal esta parcela de energia não deve ser desprezada durante as diversas fases de uma construção.

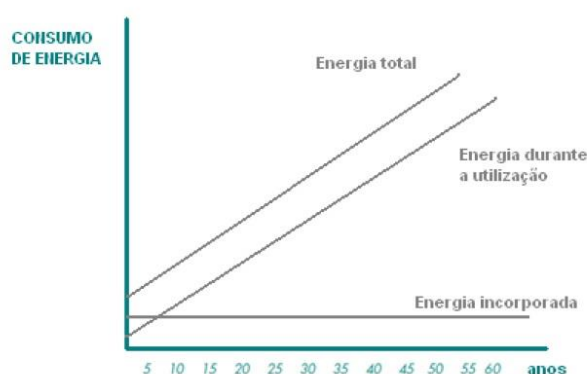


Figura 12 - Consumo de energia numa habitação de 3 assoalhadas (Berge, 2000)

A figura acima ilustra essa percentagem. No entanto, a conclusão que se retira a partir deste exemplo é que para minimizar o consumo de energia ao longo da vida útil de um edifício é mais eficaz reduzir a energia consumida durante a sua utilização que reduzir a energia incorporada dos materiais. Ainda assim, vale a pena reduzir a energia incorporada, quando esta pode ser conseguida sem comprometer o desempenho do edifício, normas ou incorrer em outros impactes ambientais adversos.

Outros factores que não podem ser descurados na fase de projecto são a emissão de gases poluentes, o potencial de reciclagem ou reutilização dos materiais adoptados e o impacte que estes podem ter na saúde dos ocupantes.

2.5.Efeitos do sector da construção sobre o planeta

Como foi referido em capítulos anteriores, a indústria da construção civil tem um grande impacto no planeta devido ao elevado número de recursos despendidos na sua actividade e as grandes quantidades de resíduos gerados.

Um dos impactos mais directos que o sector da construção tem no planeta é na extracção e no consumo de matérias-primas para o fabrico de materiais de construção. As causas que implicam a degradação e prejuízo ambiental são (Torgal et al., 2010):

- O esgotamento de matérias-primas não renováveis ou de difícil renovação;
- A degradação dos ecossistemas nos locais de extracção;
- As grandes quantidades de resíduos gerados pelo processo de extracção;
- Os acidentes ambientais associados a esses resíduos.

No ano 2000, em média, a actividade de extracção de minérios atingiu um aproveitamento de 15%, ou seja, por cada 15 toneladas de matéria-prima extraída foram produzidas 85 toneladas de resíduos minerais. O tratamento dado a estes resíduos é, na maior parte dos casos, o transporte para aterros. Estes aterros acabam por ser uma fonte de graves riscos para a qualidade ambiental dos locais onde s inserem, tanto ao nível da degradação de ecossistemas, como ao nível de riscos de acidentes ambientais. (Torgal, Jalali, 2010)

Na Tabela 6 verifica-se que percentagem de resíduos gerados na extracção de minérios é bastante superior em comparação à percentagem aproveitável.

Tabela 5 - Quantidade de matérias-primas extraídas e respectiva percentagem de desperdício
(Torgal,2010)

Matéria-prima	Quantidade Extraída (Milhões de toneladas)	Quantidade Desperdiçada (%)
Alumínio	869	70
Chumbo	1077	97,5
Cobre	11026	99
Estanho	195	99
Ferro	25503	60
Manganês	745	70
Níquel	384	97,5
Tungsténio	125	99,75
Zinco	1267	99,95

Além da necessidade de reduzir o consumo de matérias-primas não renováveis ou de difícil renovação, por forma a minimizar os efeitos da construção sobre o planeta, existem outros objectivos a cumprir que passam por incentivar a utilização de materiais:

- Não tóxicos ou de baixa toxicidade;
- De baixa energia necessária à sua produção, transporte e utilização;
- Recicláveis;
- Reutilizáveis;
- Matérias-primas de fontes renováveis;
- Associados a baixas emissões de gases de efeito de estufa, na sua produção e manuseamento;
- Duráveis;
- Cuja escolha inclua a avaliação dos respectivos ciclos de vida.

Para além disto, todo o processo de construção de um edifício acarreta impactos no meio ambiente, assim como o seu subsequente ciclo de vida.

No ciclo de vida de um edifício estão englobadas as cinco fases enunciadas abaixo (Degani et al, 2002):

Planeamento - Esta fase consiste na fase inicial de vida do edifício, que corresponde ao seu desenho e concepção. Nesta fase são elaborados projectos de arquitectura e estruturas, são seleccionados os materiais que irão ser usados na construção. São também realizados orçamentos e estudos de viabilidade física, económica e financeira;

Implantação - Fase de construção propriamente dita;

Uso - Período em que o edifício é habitado pelos seus ocupantes;

Manutenção – Fase cuja actividade tem origem na necessidade de reparação ou substituição de componentes do edifício que atingiram o final da sua vida útil;

Demolição – Fase de inutilização do edifício através de um processo de demolição.

Na fase de planeamento, os efeitos ambientais mais directos estão ligados aos trabalhos de concepção e levantamentos efectuados, para a obtenção de dados. Em termos de dimensão os impactos desta fase são reduzidos quando comparados com as fases posteriores. Na fase seguinte, a de construção, consideram-se de maior importância os aspectos relacionados com o desenvolvimento do processo construtivo, como a intervenção no local, o consumo de matérias-primas, o uso de energia e água, e eventuais alterações ao meio ambiente no local da obra.

Nesta fase é necessário a extracção e o consumo de matérias-primas, e, é aqui que existem as maiores necessidades de consumo de materiais de construção. O impacto no meio ambiente gerado pela extracção e transformação das matérias-primas em materiais de construção, apesar de não estar directamente relacionado com a construção do edifício em si, é importante, pois o facto da construção do edifício exigir determinados materiais irá determinar um maior ou menor impacto que essa edificação poderá ter no meio ambiente.

Em algumas destas fases do ciclo de vida de um edifício são desenvolvidas actividades que podem interagir com o meio ambiente. Na fase de implantação, como exemplo, existe uma grande emissão de dióxido de carbono para a atmosfera, uma grande consumo energético, ruídos, vibrações, um grande consumo de água. Na fase de uso do edifício, existe uma grande produção de lixo doméstico, resíduos sanitários, grande consumo de electricidade devido à iluminação e equipamentos de refrigeração e ar condicionado. Na fase de demolição haverá a deposição dos materiais do edifício que não sejam reutilizáveis em locais pré-determinados.

2.6. Materiais de construção mais utilizados

Segundo um estudo contínuo realizado pela Universidade de Bath, o qual incide na análise e estudo da energia incorporada e respectivas emissões de CO₂ dos diversos materiais de construção utilizados, e de acordo com os dados referidos por Berge, relativamente à quantidade de água utilizada na sua produção, bem como a sua durabilidade e capacidade de reciclagem e reutilização, foi realizado o seguinte quadro (Hammond, 2008):

Tabela 6 – Quantidade de água utilizada na produção de materiais de construção

Material	PEC - MJ/Kg	EC Kg CO2/Kg	Água l/Kg	Durabilidade	Reutilização	Reciclagem
Cimentos						
Cimento Portland	4,6	0,83	-	Média	-	sim
Produtos cerâmicos						
Produtos sanitários	29	1,48	-	-	sim	sim
Azulejos	9	0,59	400	muito alta	sim	sim
Telhas	6,5	0,46	640	média	sim	sim
Tijolos	3	0,22	520	muito alta	sim	sim
Elementos pré-fabricados de betão						
Blocos de 8 mpa	0,6	0,061	190	Média	sim	sim
Blocos de 10 mpa	0,67	0,074	190	Média	sim	sim
Isolamento						
Celulose	0,94 - 3,3	-	10	média	-	sim
Cortiça	4	0,19	24	alta	sim	sim
Lã de vidro	28	1,35	1360	Média	-	sim
Lã de rocha	16,8	1,05	1360	Média	-	sim
Poliestireno expandido	88,6	2,5		média/baixa	-	sim
Espuma de Poliuretano	95	3	18900	média/baixa	-	-
Poliestireno extrudido	88,6	2,5	-	média/baixa	-	sim
Aço						
Varões de aço reciclado	8,8	0,42	-	alta	sim	sim
Tubagem	34,44	2,7	3400	-	sim	sim
Rochas						
Granito	0,1 - 13,9	0,006 - 0,8	-	muito alta	sim	sim
Pedra calcária	0,3	0,017	50	média	sim	sim
Mármore	2	0,112	-	muito alta	sim	sim
Madeira						
MDF	11	0,59	-		sim	sim
Contraplacado	15	0,81	-	média/alta	sim	sim
Outros						
Cal(Argamassa)	5,3	0,74	-	média	-	-
Tinta - uma-de-mão (MJ/m2 e KgCO2/m2)	10,2	0,53	-		-	-
Betume	47	0,48		baixa média	-	-
Placas de gesso	6,75	0,38	240	média	sim	sim
Tubagens PVC	67,5	2,5		média/alta	sim	sim

2.7.O problema da habitação

A problemática da habitação é seguramente uma das mais debatidas e controversas dimensões da intervenção social e política, na medida em que a habitação constitui um atributo material crucial do bem-estar e qualidade de vida das famílias. As condições habitacionais são, aliás, altamente reveladoras das desigualdades sociais, na medida em que desenham e reproduzem as diferenças sociais que caracterizam as sociedades contemporâneas.

A habitação é um espaço que torna possível o desenvolvimento das capacidades humanas. É um bem essencial, é o espaço onde o ser humano se desenvolve e cria laços com as pessoas que o rodeiam.

A habitação não se resume unicamente à moradia, é um conjunto simbiótico com a vizinhança, o meio ambiente onde a habitação se insere, e a envolvente social e cultural.

Os rápidos processos de urbanização que ocorrem actualmente, especialmente em cidades de países em vias de desenvolvimento, acarretam diversos desafios em termos da distribuição de população e de recursos e do uso do território disponível. Em certas regiões, o território urbano expandiu-se mais do que a população urbana, o que resulta num uso ineficiente de território. Cria-se desta forma cidades num plano horizontal, que não são sustentáveis pois com elas existe uma acrescida dificuldade em lidar com o aumento populacional, congestionamentos de trânsito, problemas com as infra-estruturas e poluição. (UN-Habitat,2014)



Figura 13 - Grande expansão urbana na cidade de Los Angeles.

(www.sustainablewayoflife.wordpress.com)

Devido em grande parte à ausência de planeamento urbano e de coordenação, o crescimento populacional tende a resultar em grandes aglomerados e expansões urbanas à medida que as populações se deslocam do centro das urbes para a periferia, sem muitas vezes existirem as condições para se desenvolverem populações nessas zonas por inexistência de serviços ou empregos. Estas situações geram pressão no território e nos recursos naturais o que eventualmente trará efeitos negativos na economia urbana. (UN-Habitat,2014)

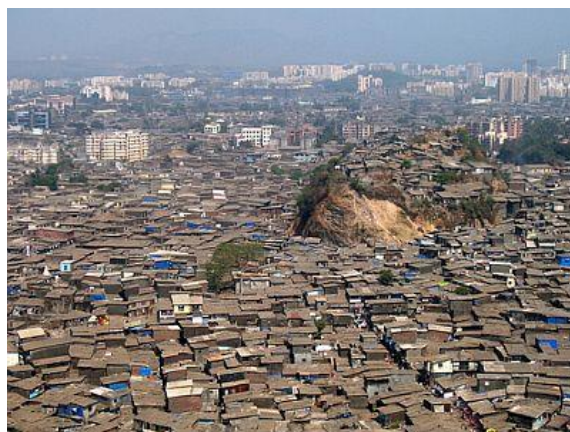


Figura 14 – Grande expansão urbana, Índia.

(www.devpolicy.org/)

Muitas cidades ainda subestimam a correlação que as infra-estruturas e espaços públicos e o aspecto visual têm com a qualidade de vida dos seus habitantes e o desenvolvimento social. As cidades mais apelativas tendem desta forma a atrair e a gerar habitantes mais criativos e inovadores e ainda investimentos que impulsionam a economia urbana. Apesar disto, muitas vezes o planeamento urbano é despromovido de importância e outras necessidades mais urgentes tomam o seu lugar, tais como um aumento da provisão de serviços básicos em zonas de crescimento urbano mais acelerado. Isto faz com as cidades cresçam e se desenvolvam ao longo de corredores onde se encontram as infra-estruturas, os novos motores do crescimento. Contudo, este crescimento não é planeado nem coordenado nessa região, o que a leva a perder em termos de desenvolvimento económico e social.

A falta de planeamento urbano é bastante sentida em cidades com população compreendidas entre os 100 000 e os 500 000 habitantes, que compreendem mais de 60% dos centros populacionais urbanos e são as regiões que experienciam mais crescimento. São cidades negligenciadas devido à sua menor dimensão quando comparadas com as grandes metrópoles pois não possuem tanta influência financeira. Contudo, a falta de planeamento urbano por razões económicas pode, futuramente, gerar situações mais dispendiosas de solucionar. (UN-Habitat,2014)

As cidades precisam de facilitar o progresso social, económico e ambiental criando legislação e fomentando planos adequados pois a ausência destes dois ingredientes e a falta de entendimento entre o governo central e os órgãos regionais são alguns dos maiores obstáculos para um planeamento urbano sustentável e para a solucionar o problema da habitação.

Para serem construídas novas habitações de uma forma mais sustentável em cidades mais inclusivas, as zonas urbanas devem tornar-se mais compactas, absorver o aumento populacional tornando-se mais densas, controlando a sua expansão horizontal. Apenas com a aglomeração da população - isto sem uma diminuição da qualidade de vida e da salubridade das habitações – é que as cidades terão a capacidade de gerar riqueza, aumentar a qualidade de vida e acomodar mais habitantes de uma forma sustentável. Claro que estas inovações em termos de desenvolvimento urbano serão mais proveitosas em regiões do globo em que o crescimento de população seja mais acelerado e onde o planeamento urbano se encontre subdesenvolvido, os países em vias de desenvolvimento do continente Africano e da América do Sul. Estas regiões precisam urgentemente de alguma forma de planeamento pensado e sustentado e de habitações para a faixa da população com menos capacidade financeira.



Figura 15 - Inexistência de planeamento urbano na Favela da Rocinha, Rio de Janeiro.

(www.huffingtonpost.co.uk)

A expansão das cidades de uma forma controlada e ordeira requiere um balanço entre o crescimento económico e as aspirações ambientais dos responsáveis pelos planeamentos e também uma coordenação entre os meios regionais e nacionais. Esta coordenação assegura uma optimização das infra-estruturas entre cidades vizinhas, o que trará ganhos em termos económicos e de competitividade. De uma perspectiva ambiental, este planeamento terá de levar em consideração o ecossistema, a biodiversidade, a preservação de habitats e a fauna e flora autóctone (Un-Habitat, 2014).

Os planos para expansão e densificação das cidades são necessários para acomodar, de forma planeada, um esperado aumento populacional. O planeamento de novas habitações deve portanto minimizar a necessidade de transportes colectivos e individuais para ser possível otimizar o uso do espaço disponível e promover a organização de espaços urbanos livres de construção. Todos os planos devem contemplar ainda o reaproveitamento de áreas anteriormente usadas com fins industriais transformando-as em zonas de habitação através da conversão de edifícios.

O objectivo da densificação das zonas urbanas em vez de criar cidades em grandes expansões é o de criar soluções para o problema da habitação, criando infra-estruturas que suportem o crescimento populacional e que atraiam novos investimentos e criação de emprego que possa fixar as pessoas nesses locais.

O direito à habitação adequada foi reconhecido como um direito humano universal no ano de 1948, com a Declaração Universal dos Direitos Humanos, mais concretamente no artigo 25º do documento: "Toda a pessoa tem direito a um nível de vida suficiente para lhe assegurar e à sua família a saúde e o bem-estar, principalmente quanto à alimentação, ao vestuário, ao alojamento, à assistência médica e ainda quanto aos serviços sociais necessários, e tem direito à segurança no desemprego, na doença, na invalidez, na viuvez, na velhice ou outros casos de perda de meios de subsistência por circunstâncias independentes da sua vontade".

O acesso a uma habitação condigna é essencial para o desenvolvimento humano e a satisfação das necessidades físicas ao proporcionar segurança e abrigo.

A função básica da habitação é a de abrigo. O desenvolvimento das técnicas usadas proporcionou mudanças na função da habitação, que deixou de ser considerada apenas como refúgio para, hoje em dia, se observar um elevado leque de tipologias e fins variados e especializados.

A variedade de formas de construção na mesma sociedade transmite a ideia de diferenciação económica e posição social. Hoje em dia, a aquisição da habitação faz parte de um conjunto de aspirações da população, bem como o acesso à educação, saúde e estabilidade financeira.

Existem algumas exigências de qualidade que a habitação deve proporcionar aos seus moradores, nomeadamente em termos de segurança, condições de higiene, saúde e conforto bem como a adequação aos usos dos moradores e a satisfação estética.

A habitação desempenha essencialmente uma função social, ambiental e económica:

- Como função social pode destacar-se o facto de abrigar a família e deve atender a princípios básicos de habitabilidade, higiene e segurança. É o espaço onde se realizam tarefas primárias de alimentação, descanso, actividades fisiológicas e convívio social;
- Na função ambiental, a inserção no meio urbano é essencial para que seja possível garantir condições de saúde, educação transportes, emprego e lazer. É neste espaço de decorrem actividades diárias e situações relacionadas com o processo de desenvolvimento e formação cívica dos seus ocupantes;
- A função económica relaciona-se com a construção da habitação, sendo um impulsionador de mercados imobiliários, emprego, bens e serviços.

Pode concluir-se que a habitação pode desempenhar diversas funções consoante a necessidade dos seus ocupantes.

As habitações são produzidas e distribuídas através de processos de mercado complexos que envolvem um grande número de intervenientes e cujo comportamento é afectado e alterado por regulações e intervenções governamentais.

As regras da oferta e da procura nos mercados habitacionais são um resultado da disponibilidade de casas mas também do cumprimento de parâmetros de qualidade específicos no contexto habitacional.

Contudo, nem todos têm acesso à habitação, especialmente em agregados familiares com baixo rendimento financeiro, em países em vias de desenvolvimento. No caso da América Latina, segundo dados do MIT – Massachusetts Institute of Technology, em 2010 estava contabilizadas 130 milhões de habitações em zonas urbanas, esse número passará para 190 milhões em 2030 e para 230 milhões em 2050. Serão necessárias cerca de 3 milhões de novas habitações por ano para fazer face à procura (Rojas, 2011)

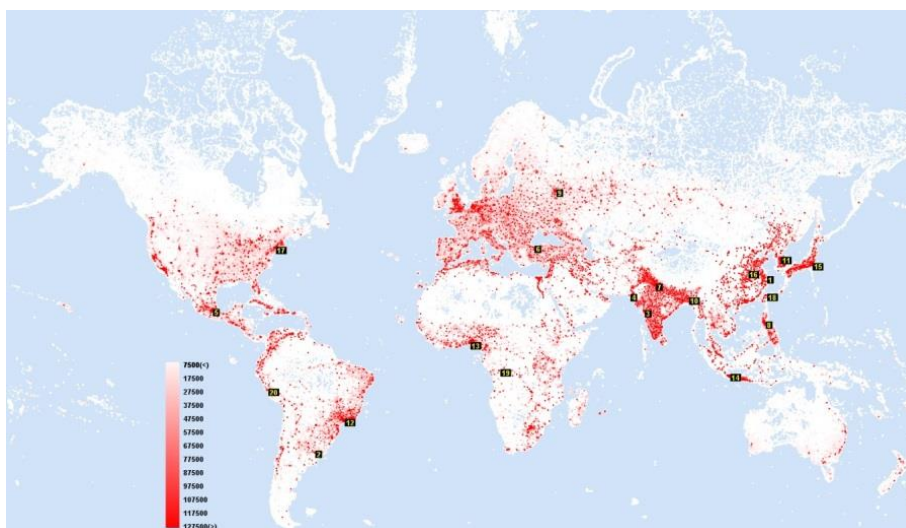


Figura 16 – Cidades mais populosas do Mundo

(http://www.populationlabs.com/world_population.asp)

O desafio habitacional que se coloca nestes países é o de, para além de construção anual de 3 milhões de novas habitações, e segundo dados de Eduardo Rojas, um consultor independente de desenvolvimento urbano do MIT, o da construção de cerca de 9 milhões de habitações para evitar o facto de muitas das habitações actualmente existentes não possuírem divisões destinadas unicamente a um fim, e também o melhoramento dos serviços necessários para as habitações construídas (Rojas, 2011).

A construção de novas habitações sociais não é possível sem o apoio governamental. Esta intervenção governamental tem a vantagem adicional de reactivar a economia e de gerar emprego para trabalhadores pouco qualificados. Contudo, o que se verifica actualmente é que muita da informação que é fornecida aos órgãos do Estado é imperfeita, logo, a resposta dada é por vezes inadequada às necessidades reais, tanto em termos de quantidade das habitações como da sua qualidade.

As políticas habitacionais devem portanto garantir um padrão de qualidade mínimo, dar oportunidades iguais para todos os que se encontrem em situações semelhantes (igualdade horizontal), e também redistribuir quando tal for necessário para acomodar aqueles que mais o necessitem.

De acordo com os dados obtidos junto da ONU, no nosso planeta vivem mais de 6,3 bilhões de pessoas. Dessas, mais de 75% vivem em países subdesenvolvidos e com menos de dois euros por dia. E é nos países em vias de desenvolvimento onde este aumento populacional apresenta maiores subidas.

Segundo as estimativas das Nações Unidas, mais de mil milhões de pessoas no mundo inteiro vivem em habitações inadequadas. Estas estatísticas provam a dificuldade que os governos têm em garantir aos seus cidadãos o acesso à habitação.

Na lista dos países mais populosos do mundo encontram-se, por ordem crescente, a Etiópia, o Vietname, as Filipinas, o México, a Nigéria, o Bangladesh, o Paquistão, o Brasil, a Indonésia, e a Índia. Portanto, os países mais populosos do mundo encontram-se em vias de desenvolvimento e com grandes carências ao nível da habitação. Este crescimento populacional continua a ocorrer, de uma forma quase exponencial, segundo estimativas das Nações Unidas, até ao ano de 2050, logo, é imperativo serem tomadas medidas para melhor preparar as cidades dos países subdesenvolvidos e em vias de desenvolvimento a lidarem com este aumento populacional e evitar a sobrecarga de recursos que tal aumento implica.

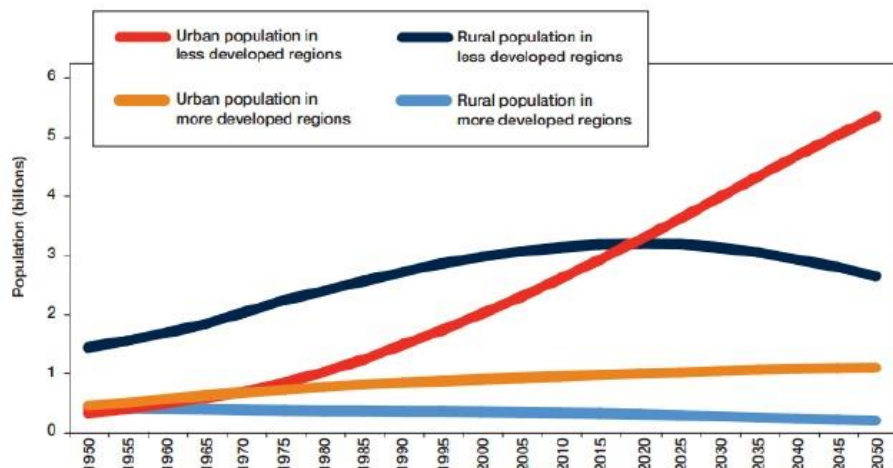


Figura 17-Crescimento da população urbana e rural em regiões desenvolvidas e em regiões em desenvolvimento. 1950-2050

(http://www.un.org/esa/population/publications/wup2007/2007_urban_rural_chart.pdf)

De acordo com o Relatório do Clube de Roma, *Limits to Growth* (1972), o crescimento exponencial é um fenómeno dinâmico, ou seja, envolve diversos elementos ao longo do tempo, o que torna a análise e o estudo do futuro comportamento do sistema muito difícil, pois relaciona diversas quantidades com impactos diferenciados no sistema. Na análise da dinâmica dos sistemas, os investigadores definiram certos parâmetros associados ao crescimento como *loops* de *feedback* positivo. Um exemplo prático deste *loop* é um aumento dos salários, o que por sua vez causa um aumento dos preços dos bens resultando de seguida num novo aumento de ordenados. Um estudo das perspectivas de aumento de população e de industrialização é importante pois o objectivo de muitas políticas de desenvolvimento é

o de encorajar o desenvolvimento da indústria relativamente ao aumento da população (Meadows et al., 1972)

Em 1650 a população mundial era de aproximadamente 500 milhões de pessoas e tem crescido aproximadamente a um ritmo de 0,3% ao ano. Isto corresponde a um duplicar da população a cada 250 anos. Em 1970 a população totalizava 3,6 milhões de pessoas a um ritmo de crescimento de 2,1% por ano, o que consiste num duplicar da população a cada 33 anos. Portanto, não só a população tem vindo a aumentar exponencialmente, como o ritmo de crescimento tem vindo a aumentar também.

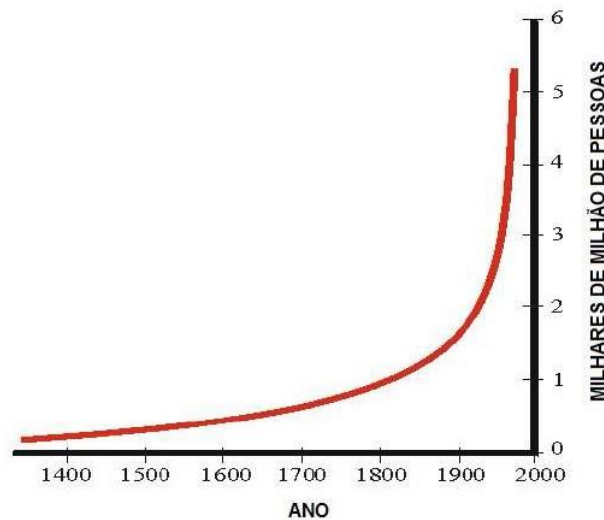


Figura 18 - Evolução da população mundial ao longo do tempo (Price, 1995)

Com o crescimento exponencial da população é inevitável o aumento do ritmo das emissões de CO₂ e do consumo de recursos mundiais (Mateus et al., 2006). O consumo de recursos, por si só, irá trazer consigo diversos problemas ao nível da equidade social, já que não existirá uma disponibilidade uniforme dos mesmos, para a população mundial.

Existem contudo limites para o crescimento exponencial da população, como por exemplo, matérias-primas, alimentos, combustíveis fósseis, e sistemas ecológicos do sistema que contribuem para a renovação do oxigénio. Outras necessidades físicas para o aumento populacional são as áreas disponíveis para o cultivo, a água potável, os metais, as florestas e os oceanos. A exploração contínua de recursos não renováveis ou de renovação demorada pode originar uma crise generalizada, o que poderá provocar a rotura de diversas indústrias e actividades económicas, e ainda problemas económicos e sociais (Anink, D. et al, 1996).

Outra categoria de ingredientes indispensáveis para o crescimento das populações são as necessidades sociais, onde se incluem a educação, o emprego, estabilidade social e um desenvolvimento tecnológico estável e seguro.

Uma expansão em números na população aumentará a pressão nos recursos, diminuindo as condições de vida em áreas onde existem maiores privações económicas e desafios sociais, contudo, a questão não é meramente uma de tamanho de população mas também de distribuição de recursos, logo, o desenvolvimento sustentável só pode ser alcançado se as alterações demográficas estiverem a par com restantes alterações produtivas nos ecossistemas, traduzindo-se isto num maior controlo no consumo dos recursos naturais.

A rápida urbanização provoca uma grande tensão no território que está a ser urbanizado e nas próprias habitações. Em 2030, segundo dados da UN-Habitat, 3 mil milhões de pessoas, cerca de 40% da população mundial, irão necessitar de habitações e acesso a infra-estruturas de saneamento e de distribuição de água. Isto traduz-se na necessidade de construir 96,150 unidades habitacionais por dia até 2030 (UN-Habitat, 2014). Na Tabela I é possível constatar que as regiões do Mundo mais populosas são precisamente as zonas com mais carências a esse nível.

Tabela 7 - Habitantes de bairros pobres (<http://unhabitat.org/>)

Região do Mundo	Milhões de Habitantes
África Subsaariana	199,5
Ásia (região Sul)	190,7
Ásia (região Este)	189,6
Ásia (Região Sudeste)	88,9
Ásia (Região Oeste)	35
América Latina e Caraíbas	110,7
Norte de África	11,8

Infelizmente, e em especial nos países em vias de desenvolvimento, as habitações disponíveis são limitadas por directrizes governamentais inadequadas e escassez de recursos humanos, assim como por instituições e regulamentos obsoletos ou com pouca capacidade. Portanto, a falta de planeamento urbano e um sector da construção subdesenvolvido tem contribuído para uma grande falta de habitação o que contribui para o desenvolvimento de bairros pobres e favelas (UN-Habitat, 2014).

Em certas cidades, até 80 % da população reside nestes bairros pobres e com graves carências. Cerca de mais 55 milhões de pessoas residem em bairros de lata apenas desde o ano 2000.

Como já foi referido anteriormente, a habitação é uma das condições sociais básicas que determinam a qualidade de vida e o bem-estar das populações. A localização das habitações, a sua qualidade de construção e tipologia, a forma como se interligam com a envolvente, são factores que irão afectar a qualidade de vida das pessoas, a sua saúde e a segurança. E, devido à grande permanência que uma habitação pode ter num mesmo local, afectará também, do mesmo modo, as gerações futuras. A relação entre estes aspectos e a necessidade de habitação é gerida por uma construção sustentável,

cujas políticas consideram várias condições para atingir a sustentabilidade num desenvolvimento habitacional. Essas condições são:

- Impacto no ambiente e mudanças climáticas;
- Durabilidade das habitações;
- Actividades económicas ligadas às habitações;
- Estrutura social e cultural das comunidades;
- Impacto das habitações no alívio da pobreza.

Embora o desenvolvimento sustentável esteja ligado a zonas com uma maior riqueza económica, tal não tem de ser necessariamente verdade. As casas genuinamente sustentáveis são aquelas habitações a preços razoáveis e acessíveis à maioria das pessoas. Como tal, é necessário que os custos sejam acessíveis para que passe a existir uma construção verdadeiramente sustentável.

Apesar da construção sustentável ser geralmente considerada de um ponto de vista de poupança de recursos é importante ter em conta que a habitação sustentável pode ser encarada como uma forma de aumentar a qualidade de vida das populações e ainda fornecer um espaço adequado, boa acessibilidade e salubridade, aquecimento, ventilação e localizado em zonas com bons acessos a locais de trabalho, por exemplo (Anink, D. et al, 1996).

A grande necessidade actual de providenciar casas aos milhões de agregados familiares dos países em desenvolvimento implica uma necessidade de alterar a forma como se encara o paradigma, tentando incorporar o desenvolvimento sustentável no processo construtivo de novas habitações.

2.8.O crescimento das necessidades de habitação social

A habitação social é um tipo de habitação a custo controlado (HCC) que é construída ou adquirida com o apoio financeiro do Estado e destina-se a habitação própria e permanente dos adquirentes, ou a arrendamento. São promovidas pelas câmaras municipais, cooperativas de habitação económica, instituições particulares de solidariedade social e pela iniciativa privada com o apoio financeiro do Estado. Para serem consideradas como habitação de custos controlados é necessário que obedecem aos limites de área bruta fixados para cada tipologia

Em Portugal, como exemplo, o Ministério da Habitação, Obras Públicas e Transportes decretou na Portaria n.º 580/83 de 17 de Maio de 1983 que as habitações sociais teriam de obedecer a limites de área bruta e limites de custos de construção.

De acordo com a tipologia, as áreas limites eram:

Tabela 8 - Área limite para cada tipologia de Habitação Social, em 1983

Tipologias	T1	T2	T3	T4
Área Bruta (m ²)				
Mínima	52	72	91	105
Máxima	65	85	100	114
Área mínima habitável RGEU (m ²)	30,5	43,5	54,5	61

Este tipo de habitação é usada para diminuir as construções ilegais e sem acesso a serviços básicos, sendo bastante comum em países com *deficit* habitacional. O primeiro conjunto de edifícios para este fim foi criado em Helsinki, Finlândia, em 1909. Após a segunda guerra mundial passaram a ser comuns no processo de reconstrução dos países afectados pela guerra.

Actualmente a habitação social é utilizada como forma de lidar com o problema da falta de habitações para um crescente número de pessoas e com o aumento de bairros de lata e favelas. Este tipo de habitação tem vindo a ser cada vez mais utilizado em países em vias de desenvolvimento onde se verificou um grande aumento populacional nos últimos anos.

São os países em vias de desenvolvimento que mais sofrem com a falta de habitação para a população já que devido ao pouco poder económico a inexistência de um sector da construção que dê uma resposta sólida às necessidades do país, os projectos de habitação não são desenvolvidos com a qualidade e com a celeridade desejadas.

Os programas de habitação social precisam de ser conjugados com outros aspectos do desenvolvimento, a nível social, económico e ambiental. Para além de uma mera oferta de abrigo, os projectos habitacionais deverão desempenhar um papel determinante num aumento de emprego e revitalização da economia, reduzir a pobreza e aumentar o desenvolvimento humano e social nas zonas em que se foca. As políticas de habitação social têm ainda de incluir considerações para um planeamento urbano eficaz, com um utilizações mistas e com densidades de construção médias. As autoridades nacionais e locais devem encabeçar os projectos de habitações de baixo custo por forma a criar condições de entendimento e cooperação entre investidores e construtores, resolvendo problemas ligados ao território, assegurando-se que as construções realizados são direccionadas para os mais necessitados e garantindo as necessidades básicas inerentes a qualquer comunidade e aglomerado populacional, redes de distribuição de água, saneamento e fornecimento de energia eléctrica.

2.9.A necessidade de uma construção mais sustentável

O sector da construção civil é o sector da actividade humana que consome mais recursos naturais e consome energia intensivamente, o que gera consideráveis impactos ambientais. Além de gerar 25% de todos os resíduos sólidos, consumir 25% da água disponível e ocupar 12% das terras do planeta, é o sector que mais extrai materiais do meio natural, 30%, gerando um consumo de energia entre 40% a 50% da energia total consumida. Responde também por 1/3 das emissões de gases de efeito estufa no planeta e 35% das emissões de carbono. Com o aumento das emissões de dióxido de carbono, aumenta também a médias das temperaturas globais (Torgal et al., 2010).

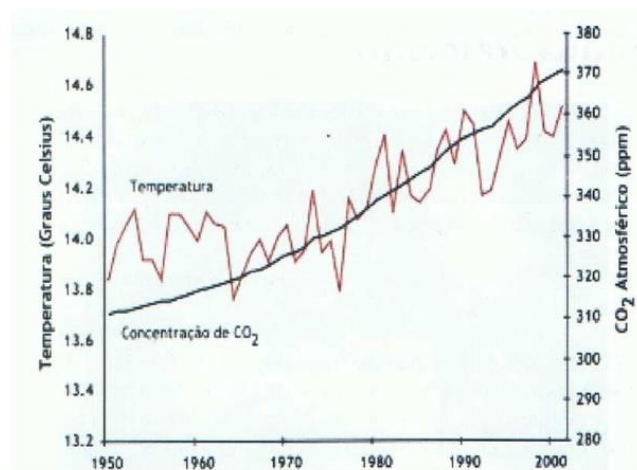


Figura 19 - Evolução do aumento das temperaturas globais médias com a variação da concentração de CO₂ atmosférico (Torgal,2010)

Na figura anterior é possível estudar a evolução da concentração de dióxido de carbono ao longo dos anos em comparação com a evolução das temperaturas globais médias. Comprova-se que, apesar das temperaturas apresentarem variações positivas e negativas numa perspectiva a curto prazo, a longo prazo a tendência é claramente um aumento das temperaturas, assim como a concentração de CO₂ na atmosfera.

Para além dos impactos relacionados com o consumo de energia, existem aqueles ligados à geração de resíduos sólidos, líquidos e gasosos.

O impacto ambiental pode ser definido por uma qualquer alteração das propriedades físicas, químicas e biológicas do meio ambiente, causada por qualquer forma de matéria ou energia resultante das actividades humanas (Ferreira, 2012).

O sector da construção civil possui quatro grandes grupos de impacto ambiental:

- Consumo de recursos naturais;
- Consumo de energia;
- Geração de resíduos e desperdícios;
- Poluição ambiental.

Os impactos ambientais dos resíduos da construção civil são provenientes na sua maioria do grande volume de resíduos gerados e pela sua deposição em locais não adequados.

Por definição, a energia incorporada nos materiais de construção abrange a energia consumida durante a sua vida útil. Existem contudo diferentes abordagens para a referida definição, sendo elas (Torgal et al., 2010):

- Do início da extracção das matérias-primas até á porta da fábrica;
- Do início da extracção até ao local da obra;
- Do início da extracção até à fase de demolição e deposição.

A energia incorporada é somente a energia necessária para colocar a matéria-prima, ou o produto, à porta da fábrica, sendo que o transporte e a aplicação se incluem na fase de construção do edifício. A energia incorporada num material representa assim apenas 85 a 95% da energia total, sendo que a restante percentagem diz respeito aos processos de construção, manutenção e demolição do edifício (Berge, 2000)

No segundo caso, do início da extracção até ao local da obra, a energia incorporada nos materiais de construção, engloba a energia utilizada na extracção das matérias-primas, na produção, no transporte e aplicação dos materiais em obra. A demolição e eventual reciclagem dos materiais inclui-se numa fase específica da análise de ciclo de vida do edifício.

No terceiro caso, a energia incorporada abrange todos os consumos desde a fase de produção até ao fim de vida do material ou produto.

Nos valores de energia incorporada nos materiais têm também relevância a energia gasta em transportes, como se refere na Tabela 9:

Tabela 9 - Energia gasta em transporte (Berge, 2000)

Transporte	MJ/ton Km
Avião	33-36
Rodovia	0,8-2,2
Ferrovia (gasóleo)	0,6-0,9
Ferrovia (electricidade)	0,2-0,4
Barco	0,3-0,9

Portanto, é evidente a existência da necessidade de serem utilizados materiais locais, como forma de reduzir a energia incorporada, ou se existe a necessidade de utilizar materiais distantes do local de obra, devem ter pouca massa volúmica.

Uma escolha adequada dos materiais de construção pode significar uma redução de 17% na energia gasta na construção do edifício (Thomark,2006).

Uma correcta escolha dos materiais de construção pode ainda reduzir em cerca de 30% as emissões de CO₂, o que equivale a cerca de 38 toneladas de CO₂. A escolha dos materiais de construção adequados pode contribuir de forma decisiva para a redução da quantidade de energia gasta na construção de edifícios.

Nas últimas décadas aceitou-se que os maiores gastos energéticos nos edifícios devem-se á energia operacional e de facto isso verifica-se em edifícios pouco eficientes de um ponto de vista energético e com elevados consumos, em que a energia incorporada nos materiais correspondia apenas a 10-15% da energia operacional, já que a diferença entre as duas era muito grande. Logo, os esforços feitos foram sempre no sentido de reduzir a energia operacional, através do aumento da eficiência energética dos edifícios. Contudo, à medida que a parcela referente à energia operacional vai diminuindo, a parcela referente à energia incorporada nos materiais torna-se cada vez mais importante.

As produções de cimento, aço e cal, para serem utilizadas na construção civil são responsáveis pelas maiores emissões industriais e as actividades de transporte desses materiais também são responsáveis por números elevados de emissões geradas pelo consumo de combustíveis fósseis necessários aos veículos que efectuem essas deslocações desde o local de produção ao local da obra.

No segmento das edificações, as emissões estão maioritariamente relacionadas com o consumo de energia. Cerca de 10 a 20% das emissões estão ligadas à extracção e ao processamento de matérias-

primas, ao fabrico de produtos e à construção e demolição. Os restantes 80 a 90% são gerados na fase de operação e uso do edifício, em função do aquecimento e arrefecimento, ventilações de ar forçadas, iluminação e equipamentos.

O modelo adoptado na construção civil e na manutenção de edifícios é dos modelos de produção e consumo mais ineficientes, contudo, o sector tem potencial para inverter este quadro.

Uma forma de promover a redução do impacto ambiental no sector da construção passa por aumentar a durabilidade das soluções construtivas utilizadas. Para além da implicação ambiental patente existem também uma vantagem económica no aumento da durabilidade dos materiais utilizados.

Outra das formas de reduzir esse mesmo impacto é a utilização de materiais duráveis, com uma vida útil elevada. Como exemplo, podemos analisar o caso do betão, um dos materiais mais utilizados na construção civil. Se o betão tivesse uma durabilidade de 500 anos ao invés de 50 o impacto no ambiente seria 10 vezes menor ao que tem actualmente. Tal sucede pois o cimento possui elevadas quantidades de cal o que o torna susceptível a ataques químicos e que induz a uma elevada permeabilidade reduzindo a durabilidade deste material. Contudo existem outras formas de satisfazer a indústria da construção e reduzir o seu impacto ambiental, tais como:

- Incorporar resíduos de outras indústrias em materiais de construção;
- Utilizar materiais recicláveis. Nestes materiais incluem-se quase todos os elementos metálicos e os materiais de origem geológica. Estes materiais têm também uma grande vantagem ambiental, pois se forem reciclados, pode-se reduzir o impacto negativo ambiental da extracção de novas matérias-primas;
- Utilização de materiais de baixa energia, já que essa redução energética poderia reduzir o impacto ambiental e económico da construção. Actualmente, os materiais representam quase 15% da energia na construção de edifícios e a sua escolha adequada pode representar uma poupança entre 17% a 30% em termos de emissões de CO₂. A construção em alvenaria de terra tem vindo a ganhar uma atenção crescente, pelo seu baixo custo, pelas suas características de isolamento térmico e baixo consumo de energia associado

As implicações económicas da construção não se resumem apenas ao investimento inicial necessário à planificação, projecto e empreitada da execução, mas continua ao longo da vida das construções. Os edifícios imediatamente após a sua conclusão, iniciam o seu período de vida útil. Nesse momento inicia-se o processo de envelhecimento, natural ou provocado, e consequentemente o seu processo de

degradação. Ao longo do tempo, intervêm neste processo muitos factores, quer actuando isoladamente, quer actuando em conjunto.

A capacidade de o edifício manter o seu desempenho ao longo da sua vida útil correspondendo às exigências que ditaram a sua execução, é condicionada por diversos aspectos, que se vão verificando desde a fase de projecto, passando pela fase de construção e terminando na fase de gestão e manutenção do edifício, ou seja, durante a sua utilização.

Este processo pode ser entendido como ciclo de vida do sistema, e traduz-se em grandes valores de investimento em manutenção, reparação e substituição de componentes e sistemas dos edifícios.

A qualidade e a durabilidade dos edifícios são também fundamentais para o bem-estar humano. Não só abrigam e protegem, mas também devem proporcionar conforto e satisfação. Em particular, a durabilidade de materiais e dos sistemas construtivos utilizados, é fundamental para a capacidade do edifício manter o seu desempenho ao longo de um período esperado.

Como já foi referido anteriormente, o sector da construção civil é o que exige um maior consumo energético de origem fóssil e de recursos naturais finitos. Este gasto energético poderá ser reduzido se os materiais vulgarmente utilizados na construção de habitações forem substituídos, pelo menos em parte, por materiais mais sustentáveis.

A solução poderá passar por uma maior inclusão de materiais como a cortiça nos processos construtivos.

A cortiça, dadas as suas características físicas, o facto de ser uma material abundante na natureza e ainda o seu custo tornaram-na numa matéria-prima de eleição para a produção de materiais de construção com aplicações variadas.

O sobreiro tem ainda a capacidade de absorver CO₂, já que a árvore tem a necessidade de utilizar este gás para a formação dos seus tecidos lenhosos. Estudos apontam que 1 m³ de madeira consegue absorver cerca de 900 quilos de CO₂ durante a sua vida útil. Estima-se que anualmente 4,8 milhões de toneladas de CO₂ são retidas pela área do sobreiro em Portugal.

Desta forma, utilizando a cortiça em construção consegue reduzir-se o impacto ambiental, em termos de pegada de carbono, de novas edificações a serem construídas.

Para além desta característica de absorção de CO₂ da atmosfera, a cortiça é um recurso renovável, o que a torna num dos materiais de construção mais ecológicos. De facto, quando a gestão florestal é bem efectuada, a cortiça apresenta-se como um recurso natural inesgotável, ao contrário do betão e aço cujas matérias-primas provêm de fontes fósseis finitas. A fonte de onde provém a cortiça é o

montado de sobro, que se encontra em crescimento constate, contudo, para manter este recurso sustentável, é necessário uma gestão florestal cuidada e criteriosa.

Existem três aspectos a ter em conta quando o objectivo é o estudo da sustentabilidade de um material de construção:

- O valor da energia incorporada no material - a energia necessária para a sua extracção, produção e processamento;
- O potencial de poupança energética que este pode representar na fase de utilização;
- A possibilidade da sua reutilização ou reciclagem depois de atingido o fim da vida útil da edificação.

O sector da construção é um sector com elevados impactos ambientais ao nível da extracção de elevadas quantidades de matérias-primas não-renováveis, grandes consumos energéticos e, consequentemente, elevadas emissões de gases responsáveis pelo efeito de estufa (Mateus et al, 2006)

A extracção de recursos naturais requer uma elevada atenção no desenvolvimento sustentável, envolvendo aspectos económicos, ambientais e sociais/culturais. Apesar de não se saber concretamente quais serão as reservas de recursos naturais existentes daqui a um século, é quase certo que a sociedade continuará a necessitar de energia para funcionar e de uma grande variedade de matérias-primas (UN-Habitat, 2014)

Desde sempre, o homem tem recorrido aos recursos naturais, para satisfazer as suas necessidades e melhorar a sua qualidade de vida, e a partir de recursos disponíveis, criou novos e mais recursos ignorando o papel do ciclo natural da vida.

Nos ecossistemas do nosso planeta, há uma troca constante de recursos naturais entre os seres vivos. Enquanto a flora e a fauna são exemplos de recursos naturais renováveis, os minerais, como por exemplo o minério de ferro e o petróleo não o são.

O sector da construção é um grande consumidor de matérias-primas, sendo que a nível mundial, é responsável pelo consumo de 40% dos recursos minerais (pedra, areias, britas e argilas), 25% da madeira e 16% da água consumidos anualmente [10]. No caso das rochas, em bloco ou moídas, areias, britas e argilas, a sua procura continua a aumentar. Os agregados são obtidos através da exploração de pedreiras e areeiros, mas também podem ser obtidos através da reciclagem de resíduos industriais e de centrais térmicas. (Sinding-Larsen et al, 2007)

Na indústria da construção civil são produzidas grandes quantidades de resíduos (cerca de 50%), e elevadas quantidades de emissões de CO₂ (30%), derivados da produção, transporte e uso de materiais, contribuindo assim para o efeito de estufa, e ainda, é consumida mais de 40% de energia (nos países industrializados, sendo em Portugal cerca de 20% da energia total do país) (Portal da construção sustentável, 2014).

O esgotamento de matérias-primas e de combustíveis fósseis, a poluição do ar, da água e do solo, juntamente com a excessiva produção de resíduos, são o resultado da má gestão na exploração de recursos naturais não renováveis.

A indústria da construção constitui um dos maiores e mais activos sectores económicos da Europa representando cerca de 28% do emprego na indústria e cerca de 7,5% do emprego em toda a economia europeia. Este sector representa ainda 25% de toda a produção industrial europeia, tendo uma facturação anual de 750 milhões de euros. A indústria da construção é também o maior exportador mundial, com 52% do mercado (Edwards, 2008).

Em termos ambientais, 30% das emissões de carbono mundiais são causadas pela indústria da construção, sendo que o parque edificado consome 42% de toda a energia produzida. O sector da construção consome mais matérias-primas do que qualquer outra actividade económica, o que evidencia um sector insustentável. Por outro lado, muitos edifícios actuais padecem de problemas de humidade excessiva com formação de bolores, ou apresentam ambientes com valores de humidade relativa abaixo de 40%, que poderá estar na origem de doenças do foro respiratório.

A construção sustentável deve, assim, gerir de forma racional e equilibrada os recursos disponíveis, incluindo estudos de ciclo de vida dos materiais utilizados e relacionados com o próprio ciclo de vida do futuro espaço construído, sendo a selecção dos materiais feita com base numa avaliação da origem da matéria-prima, produção, distribuição, utilização e destino final, pretendendo representar em todas as suas etapas o menor impacto ambiental possível que lhe está implícito.

Portanto, ao nível da construção sustentável, os conceitos mais importantes e prioridades que deverão ser obedecidas são os seguintes (Mateus, 2012):

- Os edifícios devem ser sempre construídos de modo a assegurar uma gestão eficiente dos consumos energéticos e de água;
- Deve ser assegurada a salubridade dos edifícios, salvaguardando o conforto ambiental no seu interior, através da introdução e maximização da iluminação e ventilação natural;

- Maximizar a durabilidade dos edifícios de forma a aumentar o ciclo de vida dos mesmos, sendo que dessa forma os impactos ambientais produzidos serão amortizados durante um período de tempo maior;
- Planear a conservação e manutenção dos edifícios;
- Utilizar material eco eficientes (materiais com baixo impacto ambiental durante todo o ciclo de vida;
- Apresentar baixa massa de construção de forma a reduzir a quantidade de recursos naturais incorporados;
- Minimizar produção de resíduos;
- Ser económica;
- Garantir condições dignas de higiene e segurança nos trabalhos de construção.

Isto sem afectar o desenvolvimento económico da sociedade, já que é reconhecido que os problemas de pobreza e subdesenvolvimento só podem ser tratados se for verificado uma nova era de desenvolvimento técnico na área da sustentabilidade e da construção, situação na qual os países em vias de desenvolvimento iriam ter muitos benefícios.

2.9 Síntese do capítulo

Tendo em consideração que sector da construção civil é o sector da actividade humana que consome mais recursos naturais e consome mais energia intensivamente, no desenvolvimento e uso de novos materiais para a construção é importante estudar o impacto que a extracção e posterior transformação de determinadas matérias-primas em materiais aptos para serem introduzidos numa qualquer nova habitação pode causar no meio ambiente. Existem diversos custos ambientais a considerar, tais como as emissões de carbono na atmosfera provocadas pelos veículos que transportam os materiais, na energia gasta na sua extracção e no seu processamento. Para além dos custos acima mencionados também é importante frisar que muitos dos impactos ambientais são também provocados pelo elevado número de resíduos gerados e pela sua deposição em locais menos próprios.

De facto, apesar de todas as contrariedades apontadas ao sector, em termos de emissões de dióxido de carbono na atmosfera, resíduos provenientes da construção, perdas de habitats naturais, é na industria da construção civil que reside muito do potencial de desenvolvimento humano no planeta, já que é através da construção de novas habitações e, infra-estruturas como vias de comunicação, hospitais, escolas que são construídos os alicerces que suportam o crescimento das populações e permitem uma existência social com qualidade e conforto.

De facto, é a construção que poderá fixar as populações nas zonas onde são necessárias para assim promover o desenvolvimento e o crescimento económico desses locais.

A promoção da sustentabilidade no ramo da construção terá como objectivo reduzir o consumo de recursos e os gastos em combustíveis fósseis utilizados na transformação e transporte de matérias-primas, consiste em aproveitar ao máximo os recursos disponíveis fazendo um estudo e uma gestão inteligente das soluções que poderão existir nos locais em que se pretende implantar uma determinada construção, tirando partido e explorando as suas capacidades, como por exemplo, no caso de uma construção num local em que a madeira seja abundante, usar esse material na construção da habitação em detrimento do betão; utilizar um material natural para concretizar soluções de isolamento térmico e acústico que poderão ser tão eficazes como o uso de materiais que passam por mais fases de processamento e que são feitos à base de petróleo como o poliestireno expandido. Desta forma, em ambos os casos mencionados estarão a ser utilizados recursos recicláveis, protegendo os sistemas naturais e eliminando a produção desnecessária de mais resíduos tóxicos.

A utilização da cortiça como um material de construção seria um passo para a resolução de problemas descritos acima, já que, graças às suas propriedades de isolamento térmico e acústico permitiria a obtenção de habitações com um grau mais elevado de conforto para os seus ocupantes. Para além destes benefícios a cortiça é um material natural, renovável, o que contribui para a sua sustentabilidade elevada.

É também importante alterar, de forma controlada e sustentável, a abordagem da construção de habitações de baixo custo, democratizando o uso de materiais isolantes, para que um número maior de pessoas consiga ter acesso a condições de vida melhores do que as tinha anteriormente, para que a vivência no interior das habitações seja mais saudável e com melhor qualidade e salubridade.

3. Materiais para a Construção Sustentável

3.1. Recursos e Materiais e o seu Ciclo de Vida

A sustentabilidade e a filosofia inerente a este conceito tem como principal objectivo garantir que se ultrapassem as carências actuais sem comprometer as necessidades das gerações seguintes. Deste modo a sustentabilidade está interligada com a vertente ambiental que por sua vez, é o princípio para o desenvolvimento económico e social sustentável (Zimmermann et al., 2005).

Com os ideais de sustentabilidade presentes e exigidos pela sociedade, o sector da construção civil tem de descobrir uma metodologia para uma correcta implementação da sustentabilidade em todas as actividades inerentes à construção, porque só assim se almeja a sustentabilidade desejada numa obra (Mateus, 2006).

Surge então um novo o conceito: construção eco-eficiente, que tem como princípios a minimização dos consumos energéticos nos edifícios. Esta abrange temas como a diminuição do uso dos recursos naturais, da produção de resíduos, conservando o ecossistema e a sua biodiversidade, assim como a saúde humana (Pinheiro, 2006).

Tabela 10 - Tipos de construção (Mateus, 2006)

Aspectos	Tipos de construção		
	Convencional	Bioclimática	Eco-eficiente
Configuração do edifício	Outras influências	Influenciada pelo clima	Influenciada pelo meio ambiente
Orientação do edifício	Pouco importante	Crucial	Crucial
Fachadas e janelas	Outras influências	Dependentes do clima	Dependentes do meio-ambiente
Fonte de energia	Gerada	Gerada/ambiente	Gerada/ambiente/local
Controlo do ambiente interno	Electromecânico (artificial)	Electromecânico ou natural	Electromecânico ou natural
Consumo de energia	Geralmente elevado	Reduzido	Reduzido
Fontes de matérias-primas	Pouco importante	Pouco importante	Reduzido impacto ambiental
Tipo de materiais	Pouco importante	Pouco importante	Reutilizáveis e recicláveis

Com os conceitos base eco-eficientes e integrando mais condicionantes, derivadas da sociedade, como economia, cultura e ética, obtém-se um “triângulo de conceitos” que uma construção sustentável deve conter (Pinheiro, 2006).

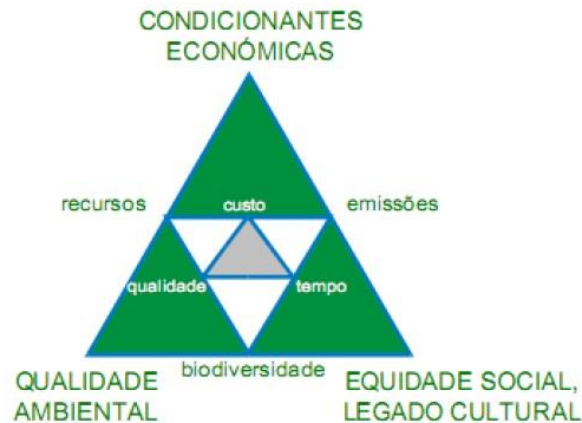


Figura 20 - Conceitos base de uma construção sustentável (Pinheiro, 2006)

Os edifícios designados por “verdes” incorporaram um design e práticas de construção que reduzem significativamente os impactos negativos dos edifícios em cinco grandes áreas (Yudelsohn, 2007):

- Planeamento local sustentável
- Manutenção e conservação de água
- Eficiência energética e renovável
- Conservação dos materiais e recursos
- Qualidade do ambiente interior

No entanto para se obter uma sustentabilidade completa no sector da construção, todas as actividades presentes, tais como, o fabrico de produtos, projecto, transporte, construção e demolição, têm de se comprometer com uma política mais ambiental, mais económica, e mais duradoura.

Por isso um bom projectista, com os conceitos bem definidos na elaboração do seu trabalho, influencia muito na garantia da sustentabilidade em todo o processo de uma obra de construção, pois ele pode ter preponderância na escolha dos materiais e nas tecnologias construtivas. No final a boa informação prestada ao cliente sobre a boa prática de manutenção que é exigida num edifício é muito importante, porque com ela pode-se atingir valores económicos mais baixos no desgaste e substituição de produtos, valorizando assim o empreendimento e evita a sua degradação.

A tecnologia sustentável é a aplicação de conhecimento para a realização dos objectivos sustentáveis através de soluções práticas para alcançar o desenvolvimento económico, social e ambiental (Vanega, 2010). Para se considerar como tecnologias sustentáveis, essas soluções devem abranger as seguintes características (Mateus, 2006):

- Minimizar o uso de energia de fontes não-renováveis primárias – PEC - e recursos naturais;
- Dar resposta às necessidades e aspirações humanas com sensibilidade ao contexto cultural;
- Mínimo impacto negativo sobre os ecossistemas da Terra;
- Técnicas simples e empregar o máximo de recursos e competências locais;
- Sistemas de produção e operações de pequena dimensão geradoras de emprego local;
- Diminuição dos encargos em todas as operações realizadas para a contribuição de uma obra.
- Aproveitamento de materiais reciclados e/ou contenham capacidades potenciais de reciclagem;
- Utilização de materiais eco-eficientes (ecológicos e/ou biológicos);
- Maximizar a durabilidade dos edifícios
- Planear a conservação e a manutenção de edifícios, de forma, a que estas sejam de longa periodicidade;
- Minimização da produção de resíduos das diversas áreas existentes na CCOP;
- Garantia das condições dignas de higiene e segurança em todos os sectores da construção civil.

Recursos e produtos e ciclo de vida

Grande parte da energia consumida nos edifícios de habitação é a energia eléctrica que é obtida por processos de diferentes tipos de energias não renováveis e renováveis, como é demonstrado na tabela abaixo (Mateus, 2004):

Tabela 11 – Tipos de energias primárias e secundárias (Torgal, 2010)

Energia primária não renovável	Energia primária renovável	Energia secundária/final
Carvão mineral	Hídrica	Electricidade
Petróleo	Biomassa	
Gás natural	Eólica	Gasóleo
Urânio	Solar	
	Geotérmica	
	Energia das marés	
	Alcool derivado da cana-de-açúcar	Gasolina

Para um edifício de habitação é associado vários consumos energéticos, porque durante as várias fases do seu ciclo de vida e dos seus produtos, está incluída a energia despendida na obtenção de matérias-primas, na produção de produtos, na construção do edifício, na sua utilização e na sua demolição ou reabilitação, quando o edifício chega ao seu período final de vida (Mateus, 2004).

Durante a sua utilização o consumo de energia dos edifícios distribui-se aproximadamente da forma que se encontra na figura abaixo:

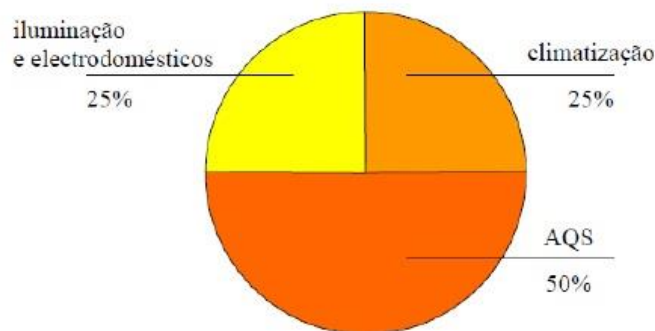


Figura 21 - Consumo de energia nos edifícios habitacionais (Gonçalves, 2002)

Num edifício de habitacional os factores mais importantes que influenciam o consumo energético são (Mateus, 2004):

- Grau de conforto exigido pelos utentes;
- O número de utentes;
- Condições climáticas do local
- Condutibilidade térmica (λ) dos elementos da parte opaca e envidraçados de um edifício, bem como a sua área e orientação;
- As perdas e ganhos de carga térmica, associados à renovação do ar interior;
- Área útil e pé direito do edifício;
- Orientação da construção;
- Eficiência energética dos equipamentos existentes.

De forma semelhante com a energia, o sector da construção civil é um dos principais consumidores de água, pois o seu consumo é efectuado ao longo do ciclo de vida dos produtos de construção bem como na utilização dos edifícios, como demonstra a tabela abaixo respectivamente (Mateus, 2004).

Tabela 12 - Água utilizada na produção de alguns materiais de construção (Berge, 2000)

Material	Consumo de água (litros/Kg)
Aço	3400
Alumínio (50% reciclado)	29000
Argamassa	170
Argila (telhas)	640
Argila (tijolos)	520
Betão	170
Blocos de betão	190
Cobre	15900
Gesso	240
Lã de rocha	1360
Madeira laminada	390
Vidro	680

Para de atingir a sustentabilidade de um edifício de habitação é necessária a adesão a práticas de redução do consumo de energia requerida durante o seu ciclo de vida, sendo neste caso o aumento da eficiência na utilização de energia eléctrica e da água.

Na concepção da envolvente de um edifício de habitação, é necessária a compatibilização da ventilação e iluminação interior com a eficiência térmica que o correcto funcionamento de uma habitação exige, como se pode verificar na seguinte figura (Mateus, 2004).

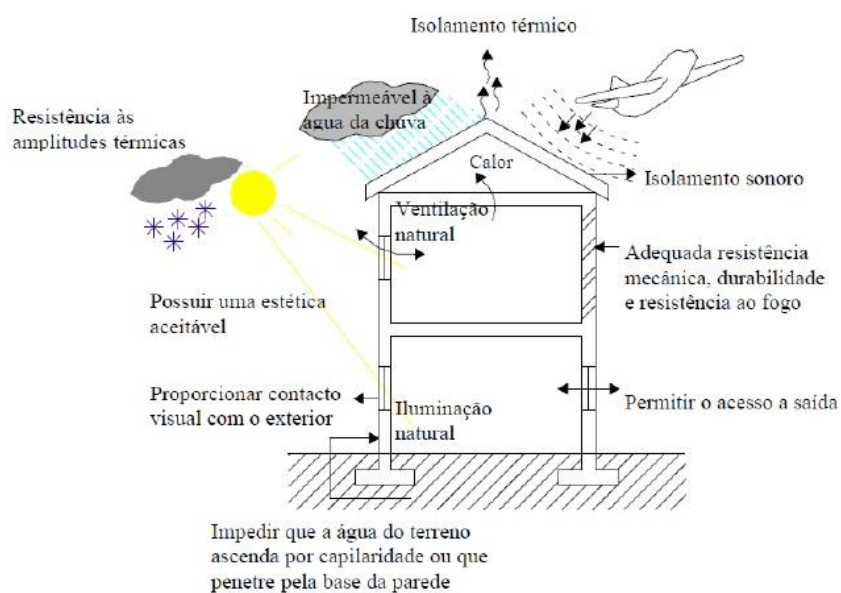


Figura 22 - Exigências funcionais da envolvente dos edifícios (Mateus, 2006)

A qualidade da envolvente irá influenciar quantitativamente o consumo de energia de um edifício, durante a sua fase de utilização no que concerne à manutenção do conforto, temperatura e iluminação, no seu interior.

Existem edifícios que são concebidos de modo a utilizarem os recursos naturais, como o sol, água e vento, e denominam-se como Edifícios Solares Passivos (ESP), onde se deve a introdução de equipamentos de aquecimento e arrefecimento. Com este princípio de concepção o projectista deve tirar partido do clima local por forma a (Mateus, 2004):

- Melhorar o conforto ambiental dos edifícios;
- Reduzir ou eliminar custos energéticos;
- Reduzir a produção de gases de efeito de estufa através da diminuição do consumo de energia.

No entanto para este tipo de preocupação energética, o projectista não deve somente incidir-se na zona corrente da envolvente de um edifício, mas também nas zonas de pormenorização de construção tais como, fundações, consolas, topo de vigas, pilares, juntas de dilatação. Nestas zonas o isolamento térmico é inferior à zona corrente, formando caminhos de transferência energética, mais conhecidas como pontes térmicas (Mateus, 2004).

Assim na fase da concepção de um edifício, a escolha da envolvente é influenciada por aspectos do clima local e da eficiência térmica (Mateus, 2004):

- Considerações climáticas
- Estudar o clima local conforme se verifica estar-se presente perante um clima temperado, quente e seco, quente e húmido ou frio;
- Estudar a geometria do local;
- Estudar o tipo de envidraçados a aplicar nos vãos;
- Eficiência térmica
- Estudar a função do edifício, a quantidade e tipo de equipamento que será utilizado;
- Assegurar que os elementos da envolvente, fachadas, empenas, coberturas e pavimentos, apresentem a adequada resistência térmica;
- Considerar a reflectância do acabamento exterior da envolvente;
- Prevenir condensações no interior da envolvente;
- Vedar convenientemente as portas e janelas;

Materiais para uma construção sustentável: o caso da cortiça

- Escolher materiais de construção e detalhes construtivos que reduzam a transferência de calor.
- A componente de iluminação e os electrodomésticos de um edifício de habitação são consumidores de 25% da sua energia, sendo então necessária a moderação do seu uso para uma diminuição de custos.

Outro aspecto em que a concepção de um edifício deve ter em conta é a escolha por produtos sustentáveis por parte dos projectistas, que compreendem os seguintes critérios (Mateus, 2004):

- Energia incorporada em todo o seu LCA – cerca de 80% desta energia à Energia Primária Incorporada (PEC), ou seja na energia despendida na extracção e transporte da matérias-primas e na produção dos produtos. Para a redução da energia incorporada nos produtos é necessária ter em conta a selecção de produtos consoante o seu local, a sua durabilidade e/ou potencial de reutilização e de reduzida massa;
- Impacte ecológico oriundo da sua produção e utilização – este decorre em todo o LCA dos produtos e como indicadores deste impacte é comum utilizar-se as emissões de CO₂ denominado por PAG. No entanto também se verifica a contaminação dos cursos de água e ecossistemas e delapidação dos recursos naturais;
- Potencial de reutilização e reciclagem dos mesmos – alguns dos produtos de construção são recicláveis, tais como os metais (aço e alumínio que possuem um elevado potencial), plásticos (não devem conter corantes e protecções que dificultem a reciclagem), vidro, madeira (têm de se encontrar em bom estado de conservação), betão e produtos cerâmicos;
- A toxicidade do material para com o ecossistema e com o Homem – deve se ter em conta a selecção de produto: que não contenham tintas com diluentes tóxicos (como o benzeno, xileno e tolueno) nem CFC e HCFC e amianto, evitar madeiras que não estejam no seu estado natural, e produtos com COV;
- Custos económicos associados ao LCA – são todos os custos inerentes aos produtos de construção, desde a sua fase de aquisição, exploração, manutenção, reabilitação e demolição ou eliminação.

Outra visão de conforto é o grau de controlo que os utentes têm sobre o seu meio envolvente, particularmente o fluxo de ar e temperatura. Nos sistemas de ar piso combinada com a iluminação da tarefa tendem a oferecer os mais elevados níveis de controlo, e há ainda os sistemas que aproveitam este facto para embarcações de ambientes pessoais que permitem aos usuários controlar os níveis de ruído ambiente, juntamente com estas três variáveis (Yudelson, 2007).

As orientações da NAHB – *National Association of Home Builders*, dividem o programa de avaliação em sete princípios orientadores (Yudelson, 2007):

- Design, preparação e desenvolvimento;
- Recursos materiais e eficiência;
- Eficiência energética;
- Eficiência da água;
- Qualidade do ambiente interior;
- Operação, manutenção e educação proprietário;
- Impacto global dos produtos utilizados.

Quando se fala de produtos de construção, não se pode pensar somente nos recursos utilizados durante a produção e utilização, mas também se deve pensar no consumo de energia de fontes não renováveis durante o seu transporte, armazenamento, montagem e construção. Torna-se então necessário a procura de produtos que sejam desenvolvidos segundo os seguintes critérios (Araújo, 2010):

- Menores emissões de CO₂ no seu fabrico;
- A não utilização de materiais tóxicos;
- Minimizar a utilização de combustíveis fósseis;
- Com base de materiais reciclados e que garantam uma reciclagem futura;
- Redução do material na sua produção;
- Aumento do ACV;
- Escolha por materiais biodegradáveis.

A figura seguinte representa os vários ciclos de vida de um material, onde a longevidade varia consoante a sua possibilidade de recuperação, reutilização sob a forma de produto e reciclagem para posterior produção de um novo produto, ou mesmo a sua deposição em aterros (Eires, 2006).

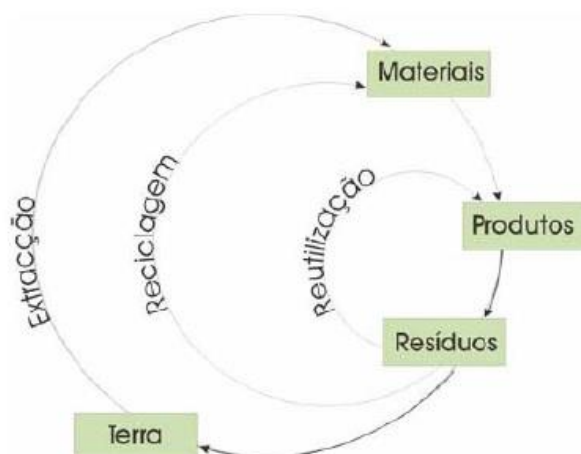


Figura 23 - Ciclo dos materiais (Eires, 2006)

A análise de ciclo de vida é uma ferramenta que pode ajudar os reguladores para a formulação da legislação ambiental, bem como os próprios fabricantes a analisar os seus processos (energia despendida, tempo e impactos sobre o meio ambiente), por forma a otimizar os mesmos, melhorando as características finais do produto.

Esta ferramenta envolve a criação de medidas detalhadas durante a fabricação do produto, desde a extracção de matérias-primas utilizadas na sua produção e distribuição, através de sua utilização, reutilização, reciclagem e eventualmente na sua eliminação (por aterro ou incineração).

3.2. Materiais Sustentáveis

A concepção de uma construção sustentável passa por vários processos no decorrer da mesma. Sendo na fase de projecto, aquela em que se define, em maior percentagem, a quantidade de produtos e de processos de construção numa obra, a sua selecção é um dos processos mais importantes para a caracterização da obra em termos sustentáveis. Para que tal aconteça, é necessário o conhecimento da existência dos mesmos, e também conveniente ter uma lista de produtos apropriados para cada elemento constituinte de um edifício.

Os produtos que usam os recursos da terra (matérias-primas) de forma ambientalmente responsável, são aqueles que respeitam o padrão dos ciclos da natureza e interagem com o ecossistema

conscientemente. Não são tóxicos, podem ser produzidos através de materiais reciclados e são recicláveis no seu futuro, sendo ao mesmo tempo, eficientes em termos energéticos e no consumo de águas. Assim caracterizam-se como produtos sustentáveis, aqueles que são verdes na forma como são fabricados, utilizados e recuperados após o seu uso (Spiegel, 1999).

Infelizmente a humanidade tem uma tendência em limitar-se ao desenvolvimento de produtos petrolíferos e químicos sintéticos. No entanto, já existem alguns empresários a provar que esta tendência é errada e a prova disso são por exemplos os painéis fotovoltaicos que têm melhorado a sua eficiência e a existência de novos plásticos oriundos de produtos agrícolas (Spiegel, 1999). Contudo, certos produtos também podem ser mais caros devido ao empreiteiro não estar familiarizado com o produto e a tendência é que estes valores iniciais destes produtos irão diminuir com o tempo (Anink, 1996).

Uma das questões essenciais neste virar da página das escolhas pela sustentabilidade do dia-a-dia é a questão financeira, e quando o custo é discutido em relação às questões ambientais, é necessário considerar tanto a de maiores custos sociais, bem como os custos suportados directamente pelo indivíduo sob o actual sistema económico (Spiegel, 1999). Comparações económicas demonstram que os produtos verdes são muitas vezes competitivos para a aquisição e instalação, principalmente aqueles que são derivados de materiais reciclados (Spiegel, 1999).

O desafio de avaliar um produto ser ou não verde contém questões aparentemente simples que pode ainda produzir respostas complexas, como por exemplo (Spiegel, 1999):

- É perigoso? Pode existir reacções químicas durante as várias etapas com os seus subprodutos, os quais não foram testados os seus efeitos sobre os seres humanos?
- Qual a sua origem? E se um dos materiais para a elaboração de um produto provém de um ecossistema em extinção?
- É reciclado? Os seus materiais são oriundos exclusivamente de materiais reciclados? O seu processo de fabricação utiliza materiais com base no petróleo? E se o produto é totalmente proveniente de materiais reciclados mas na sua colocação existe no sistema de construção, agentes cancerígenos?
- É de elevada eficiência energética? Que energia é usada para o fabrico deste tipo de produto, é de fonte renovável?

- São produtos reutilizáveis ou recicláveis? O produto pode, na sua fase final, ir para um aterro?

3.2.1. Tipos de materiais sustentáveis

A importância dos materiais de construção no momento de criação de um modelo de construção sustentável é inegável. Pode-se decompor o impacto de um edifício de duas formas: o impacto devido ao fabrico, processamento, transporte, construção, demolição e reciclagem ou rejeição dos materiais propriamente ditos, e ainda, a influência da selecção dos materiais sobre o comportamento ambiental do edifício entendido como um todo.

Deve considerar-se o ciclo de vida dos materiais que são prescritos e aplicados no edifício e tal deve ocorrer no momento em que a equipa projectista desenvolve o projecto, pois, independentemente de se tratar de uma obra de raiz ou de uma reabilitação as oportunidades de optimização do desempenho energético-ambiental são maiores durante a fase de projecto (Torgal et al, 2010).

A eleição ou não de materiais de baixo impacto ambiental condiciona a estratégia de sustentabilidade de construção, fazendo o seu efeito sentir-se muito antes do início do processo construtivo e indo até muito depois da sua conclusão. Tal torna-se evidente ao listarem-se os critérios de eco-eficiência e de sustentabilidade associados:

- Utilização de materiais com baixa energia incorporada;
- Utilização de matéria-prima abundante;
- Minimização da energia e água necessárias ao fabrico, idealmente energia alternativa e água reciclada;
- Minimização da agressão física ao ambiente tais como minas, escavações, aterros utilização de químicos;
- Minimização de custos no estaleiro (equipamento auxiliar, desperdícios, criação de resíduos);
- Minimização de ligações rígidas que implicam maior dificuldade de desmontagem ou de reutilização;
- Ausência de compostos orgânicos voláteis (COV);
- Maximização da vida útil;
- Facilidade de manutenção;
- Contribuição para a redução do consumo de energia e água no edifício, em termos de isolamento térmico e sonoro, cor, reflectividade;
- Potencialidade de reutilização ou reciclagem;
- Baixo impacto ambiental, se levados a aterro.

Apesar de, por razões históricas e culturais, os materiais de construção não terem evoluído do ponto de vista técnico como os materiais primários de outros sectores, verifica-se uma tendência de muitos materiais passarem do domínio da biosfera (naturais e locais), para a tecnosfera (produtos industrializados e exportáveis), em virtude da existência de meios de extracção, fabricação e transporte mais eficientes e potentes, levando a que a produção de materiais de construção se tenha convertido numa actividade altamente impactante.

Assim sendo, os materiais de construção devem obedecer aos mesmos critérios de selecção aplicáveis aos materiais e produtos dos restantes sectores, não existindo actualmente uma metodologia universalmente aceite e que quantifique os múltiplos critérios existentes. Este vazio metodológico cria condições para que, de forma consensual, se facilite a avaliação quantitativa de materiais de construção, onde se destacam as análises de ciclo de vida.

Para uma selecção ambiental de materiais de construção a utilizar numa obra deverão ser tidos em conta diversos critérios, que permitirão uma escolha de produtos com baixo impacte ambiental e que não comprometem a viabilidade do edifício de um ponto de vista de engenharia. Esses critérios são os seguintes (Torgal, 2010):

- Recursos renováveis - os materiais são elaborados com matérias-primas e energias renováveis abundantes, são preferíveis face a outros que utilizem fontes convencionais ou escassas, devido ao efeito continuado e ao efeito degradável das suas fontes materiais.
- Baixa energia incorporada - O balanço energético do material deve demonstrar ser o produto com menor custo energético ao longo de todo o seu ciclo de vida, principalmente quando se compara com outro, segundo os mesmos critérios.
- Valorização de resíduos - A utilização de materiais elaborados com resíduos, reutilização ou reciclagem de subprodutos da construção deve ser potenciada face a outros materiais obtidos a partir de matérias-primas convencionais.
- Industrialização - Os produtos standardizados, fabricados e montados de forma industrial que disponham de um balanço positivo do seu ciclo de vida são, em princípio, mais favoráveis, principalmente do ponto de vista económico.
- Tecnologia “mais limpa” - Todas as fontes de matérias-primas e de energia empregues na produção dos materiais, tal como o processo produtivo, devem ter características não contaminantes.

- Toxicidade - A ausência de efeitos alérgicos, emissões tóxicas, anormalidades electromagnéticas e minimização da radioactividade natural constituem um critério básico para a selecção do material.
- Durabilidade - Todas as informações acerca do valor funcional, durabilidade e manutenção para que este produto resista adequadamente sob as condições de utilização, durante toda a sua vida útil, são valores fundamentais como critério selectivo.

Nas Tabelas 7, 8 e 9, encontram-se esquematizados os critérios na escolha de materiais que deverão ser seguidos para uma abordagem sustentável na construção de um edifício e nas diferentes fases que tal empreendimento comporta.



Figura 24 – As três fases de um empreendimento

Tabela 13 – Fase 1 - extracção e produção (Eires, 2006)

Fase de extracção e produção	
Critérios na selecção de materiais	Objectivos
Materiais com processos de fabrico simples	Reduzir a produção de resíduos
Materiais cujos processos de fabrico consomem menos energia	Reduzir a energia incorporada
Materiais cujas matérias-primas provêm de recursos renováveis	Conservar a natureza
Materiais em que os processos de fabrico são menos poluentes em termos de libertação de gases de efeito de estufa	Reduzir as emissões de gases poluentes na atmosfera
Materiais locais	Reduzir a poluição e o consumo de energia associados ao transporte e contribuir para o desenvolvimento da economia local
Materiais que incorporem resíduos de outras indústrias e materiais recicláveis	Reduzir o consumo de recursos naturais

Tabela 14 – Fase 2 - Obra (Eires, 2006)

Fase de obra	
Critérios na selecção de materiais	Objectivos
Materiais não tóxicos	Garantir uma boa qualidade do ar interior nas habitações
Materiais com bom desempenho energético	Reduzir a utilização e garantir um maior conforto
Materiais com maior durabilidade	Reduzir a substituição ou reparação de materiais durante a sua vida útil, minimizando a utilização de recursos, gastos energéticos e produção de resíduos
Materiais reutilizáveis	Reduzir a pressão sobre os recursos naturais

Tabela 15 – Fase 3 - Pós-obra (Eires, 2006)

Fase pós-obra	
Critérios na selecção de materiais	Objectivos
Materiais biodegradáveis	Gerir de forma sustentável os resíduos produzidos que normalmente acabam depositados em aterro
Materiais recicláveis	Usar os materiais antigos como recursos para a produção de novos produtos, diminuindo assim os impactos ambientais associados à extracção de matérias-primas e à produção de novos produtos

Para além dos critérios acima referidos, aquando da selecção dos materiais a utilizar na construção de uma nova habitação, devem ser tidos em conta os custos associados ao ciclo de vida destes, englobando o custo inicial, custo de manutenção e custo de demolição. É importante também estudar o tipo de material eco-eficiente que se pretende colocar na habitação para que a opção da sua colocação seja a mais ponderada possível e que vá de encontro à filosofia de construção sustentável (Martins, 2009).

Materiais com baixa energia incorporada

A energia incorporada nos materiais corresponde à quantidade de energia necessária à extracção das matérias-primas, ao seu processamento e manuseamento, transformação da matéria-prima em produtos finais, transporte, aplicação em obra, manutenção e demolição.

A quantidade de energia consumida durante a vida útil de um edifício pode variar, e depende, entre outros factores, dos sistemas construtivos utilizados, do número de utilizadores do edifício, do grau de conforto exigido pelos ocupantes e do clima do local. Cerca de 80% deste valor, diz respeito à Energia Primária Incorporada (PEC - *Primary Energy Consumption*) dos materiais, que corresponde à energia consumida durante a produção dos materiais, incluindo a energia directamente relacionada com a extracção das matérias-primas, com o seu transporte para os locais de processamento e com a sua transformação. Os restantes 20% correspondem à energia consumida na obra, incluindo transporte dos materiais de construção e montagem e a necessária para as operações de desmantelamento e demolição dos edifícios no final do seu ciclo de vida (Berge, 2000).

A transformação da cortiça num material de construção, como por exemplo, um aglomerado de cortiça expandida, não incorpora muita energia no processo de produção. A extracção da cortiça é feita manualmente, e a energia necessária para os fornos procederem à transformação em aglomerado é proveniente de aparas da própria poda da árvore.

Materiais provenientes de fontes renováveis

Os materiais provenientes de recursos que se renovam a uma taxa superior à de exploração são preferíveis aos que contribuem para a diminuição de recursos, como são os materiais consumidores de derivados dos combustíveis fósseis. Estes materiais resultantes de recursos renováveis, são grande parte das vezes biodegradáveis e têm baixa emissão de compostos orgânicos voláteis, COV's.

Assim, devido ao consumo excessivo dos mesmos e, conseqüentemente ao seu esgotamento, é necessário promover o seu aproveitamento racional, de modo a salvaguardar a sua capacidade de renovação e a estabilidade ecológica.

Um exemplo de um material proveniente de uma fonte renovável é a cortiça. A cortiça como material de construção é um material biodegradável, reciclável e reutilizável em diversos contextos, incluído de novo como material de construção. A sua extracção não implica o abate da árvore de onde é originária, logo, na produção de materiais de construção derivados de cortiça não se está a recorrer ao consumo excessivo de recursos (Berge, 2000).

Materiais locais

Parte da energia incorporada num material, assim como parte das emissões lançadas na atmosfera, está associada ao seu transporte até à obra. Deste modo, deve-se optar por materiais de construção produzidos na região pois, terão de percorrer distâncias mais curtas que os procedentes de locais mais longínquos.

Materiais que contenham resíduos de outras indústrias

Actualmente existe a preocupação de incorporar resíduos provenientes de outras indústrias nos diversos materiais de construção, como no betão ou no cimento, de forma a tornar este sector mais sustentável.

Com o aumento da produção de cimento e betão e com a elevada extracção de recursos minérios necessários para a composição destes, os impactos ambientais têm vindo a agravar-se. Desta forma, é fundamental substituir parcialmente os agregados naturais por agregados provenientes de resíduos de outras indústrias. Vários são os resíduos de indústrias que podem ser reaproveitados, tanto pela quantidade existente, como pelas suas características. Esses resíduos são as cinzas provenientes da incineração de resíduos sólidos urbanos (RSU), os resíduos de construção e demolição (RCD) e os resíduos de minas e pedreiras, podendo estes ser reaproveitados em betões ou cimentos, diminuindo assim as suas áreas de ocupação, que é o caso dos aterros. No entanto, o reaproveitamento dos RSU coloca questões quanto à efectividade de imobilização de substâncias tóxicas e metais pesados, já o mesmo não acontece em relação aos RCD e aos resíduos de minas e pedreiras (Torgal et al., 2010)

Para além destes, também podem ser incorporados nos diversos materiais de construção resíduos com características hidráulicas ou pozolânicas, como cinzas volantes, escórias de alto-forno, sílica de fumo, cinzas de resíduos vegetais, ou até resíduos da indústria automóvel, nomeadamente pneus, resíduos têxteis, pó de pedra da indústria das rochas ornamentais e resíduos da indústria cerâmica, sem que isso resulte na redução da sua durabilidade (Pinheiro, 2006).

Materiais com elevado potencial de reutilização e reciclagem

A selecção dos materiais deve-se basear no seu potencial de reutilização e reciclagem.

Após o fim do ciclo de vida de um material, este possui um determinado potencial de reutilização e reciclagem que é função da sua capacidade de vir a ser utilizado novamente como recurso, em vez da fabricação de produtos a partir de novas matérias-primas. O conhecimento da potencialidade de

reutilização e reciclagem de um material é bastante importante na gestão racional dos recursos. O objectivo deste conhecimento é a redução do impacto das construções sobre o meio ambiente.

Para alcançar estes objectivos, deve-se, na fase selecção de materiais, dar preferência àqueles que possuem maiores potencialidades de reutilização ou que possuam algumas potencialidades de reciclagem, pois a reutilização directa consome menor quantidade de energia, embora ambas evitem a descarga de produtos no meio ambiente.

A maior parte dos materiais de construção pode ser reciclado, como os metais, plásticos, vidro, madeira, betão, assim como o material que é o enfoque desta tese, a cortiça. Os materiais de construção derivados da cortiça podem ser retirados dos edifícios (no final do ciclo de vida do mesmo) e reaproveitados de diversas maneiras, prolongado assim a vida útil do material.

Materiais com baixas emissões de gases de efeito de estufa

É importante considerar as emissões que um dado material liberta para o ar durante a sua produção. As substâncias libertadas são responsáveis pelo aquecimento global e destruição da camada de ozono, sendo perigosos para a saúde do Homem.

O gás com maior responsabilidade nas alterações climáticas é o dióxido de carbono, a sua produção está associada à combustão de combustíveis fósseis que tem lugar em algumas actividades a que o material está sujeito.

Materiais não tóxicos

Um material tóxico pode causar danos prejudiciais no ser humano e no ecossistema que o rodeia. Cada material ou produto a utilizar num edifício deve ser devidamente analisado, com vista à identificação de compostos químicos que sejam tóxicos.

A fraca qualidade do ar no interior das habitações é causada por fontes interiores, provenientes dos materiais de construção, e exteriores, de emissões gasosas e partículas sólidas. Alguns materiais podem libertar substâncias perigosas para a saúde humana durante dias, meses ou até anos após a sua aplicação, devendo ser evitados. É o caso de algumas tintas utilizadas no interior das habitações, que podem ser responsáveis pela libertação de substâncias tóxicas. Existem uma série de doenças e sintomas que poderão estar relacionados com a qualidade do ar interior, como por exemplo, as dores de cabeça, o cansaço, a tosse, as irritações, a asma e o cancro.

Os diversos tipos de poluentes produzidos no interior dos edifícios e que contribuem para degradação da qualidade do ar interior são:

- Compostos orgânicos voláteis emitidos pelos materiais de construção;
- COV's emitidos pelos produtos de limpeza e de manutenção utilizados no interior do edifício;
- Fibras que se desagregam de sistemas de isolamento;
- Poeiras, materiais biológicos (por exemplo, fungos e bactérias) e os gases libertados pela actividade biológica;
- Pó e outras partículas libertadas nas operações de acabamento/manutenção de certos materiais e componentes (raspagem, lixagem,).

É da responsabilidade dos projectistas a selecção de materiais e componentes de baixa toxicidade, de modo a evitar que a sua utilização afecte a saúde e produtividade dos habitantes de um edifício, e das pessoas responsáveis pela construção e manutenção do mesmo. Devem ser analisadas as fichas técnicas dos diversos materiais, componentes de construção (isolamentos, revestimentos, tintas e vernizes) de forma a reduzir-se a integração no edifício de substâncias tóxicas como os formaldeídos, os COV's e outras substâncias químicas prejudiciais, que se encontram correntemente nos materiais de construção e que podem afectar a qualidade de vida dos ocupantes.

Materiais duráveis

Para que um edifício tenha grande durabilidade, é necessário ter em conta a durabilidade dos materiais a aplicar na sua construção. Quanto maior for a durabilidade desses materiais, maior será a vida útil do edifício, pois os materiais com baixa durabilidade implicam frequentes e complicadas operações de manutenção, ou reabilitação, ou até mesmo de substituição integral, o que envolve um maior consumo de materiais e energia e aumentam os impactos ambientais negativos associados a um edifício.

A repetida substituição e manutenção obriga à utilização de novos materiais e leva ao aumento da produção de resíduos. Ao contrário, a utilização de materiais com elevada durabilidade contribui para uma redução dos custos associados com a manutenção do edifício.

3.3 Síntese do capítulo

Como foi visto neste capítulo, existe a necessidade de ocorrerem mudanças na forma como os materiais de construção são aplicados e utilizados no âmbito da construção civil. Devido ao elevado impacto que a construção civil provoca no ambiente e aos custos resultantes em termos de desgaste do meio natural, é imperativo que a utilização de materiais eco-eficientes se torna uma norma no sector.

Ao aumentarem os consumos energéticos nas habitações devido ao uso de cada vez mais electrodomésticos e equipamentos de ar condicionado, é vantajoso procurar soluções construtivas que melhorem, por exemplo, o conforto térmico no interior das habitações, mantendo as temperaturas interiores em valores constantes, independentemente das temperaturas exteriores.

As soluções encontradas para efectuar estas mudanças no sector da construção passam pela utilização de materiais de construção mais ecológicos, de fontes desejavelmente renováveis mas que tenham ainda assim um bom desempenho e, cumulativamente com estas propriedades, sejam recicláveis e reutilizáveis noutros contextos. Com a utilização de materiais com estas características estaremos a reduzir a produção de resíduos, o consumo excessivo de energia e a emissão de gases de efeito de estufa, que muitas vezes é associada à produção de materiais com processos de fabrico muito complexos. Num outro prisma, ao ser tomada a opção por materiais eco-eficientes e sustentáveis, somos colocados na posição de poder conservar os recursos naturais não-renováveis e, em certos casos, é possível impulsionar pequenas indústrias, actualmente marginais, o que trará benefícios em termos de criação de emprego e desenvolvimento económico.

Com a escolha de materiais recicláveis, materiais que reutilizem resíduos de outras indústrias ou materiais criados a partir da trituração de produtos retirados de edifícios devolutos estamos também a reduzir o consumo de recursos naturais.

Aliando estas qualidades a propriedades necessárias para que os materiais tenham uma boa prestação durante a fase em que estão a uso num edifício, obtemos edifícios com um menor impacto ambiental e consequentemente uma menor pegada de carbono, o que aumenta a sustentabilidade de uma habitação. Essas características positivas dos materiais, o seu bom desempenho energético e a sua durabilidade, reflectem-se na redução do consumo energético dos edifícios e no aumento de intervalos de manutenção a que o edifício poderá ser sujeito durante a sua vida útil. Isto implica ainda um menor recurso energético e menor produção de resíduos associados à remoção de materiais em fim de vida e a sua posterior substituição. A opção por materiais recicláveis e biodegradáveis também é vantajosa na fase de fim de vida do edifício, isto porque os materiais retirados do edifício poderão ser utilizados como recursos para a produção de novos produtos e também porque desta forma se diminuem os impactos no meio ambiente que estão associados à extracção de matérias-primas para produção novos materiais construtivos.

Ao serem utilizados materiais provenientes de matérias-primas renováveis, como o caso da cortiça, estamos a tirar partido de um recurso natural, à disposição do Homem, que deve ser utilizado de uma forma pensada e sustentável e que tem um baixo impacto no meio ambiente. Estaremos desta forma a poupar recursos, diminuindo as emissões de dióxido de carbono para a atmosfera, pois já não estamos a usar de forma tão intensiva produtos derivados de petróleo e, é também promovida a utilização de um recurso natural que se obtém com o recurso a árvores, o que implicará a necessidade de possivelmente se proceder à plantação de mais espécimes, o que irá servir para aumentar a absorção de dióxido de carbono na atmosfera. A absorção de dióxido de carbono irá combater o efeito de estufa provocado pela libertação desse gás na atmosfera (Croezen et al., 2013).

4.A utilização da cortiça na construção

4.1.Enquadramento histórico e geográfico da cortiça

Os registos das primeiras árvores designadas de sobreiros, a árvore de onde é extraída a cortiça, datam de há milhões de anos. A origem do sobreiro data da Era Terciária, há 65 milhões de anos atrás. Migrou desde o seu local de origem, o mar Tirreno (a parte do Mar Mediterrâneo que se estende ao longo da costa oeste italiana, entre a Itália, a Córsega, a Sardenha e a Sicília) até as actuais zonas mediterrânicas, tais como Portugal, Espanha, Marrocos, Argélia, Tunísia, Itália e França.

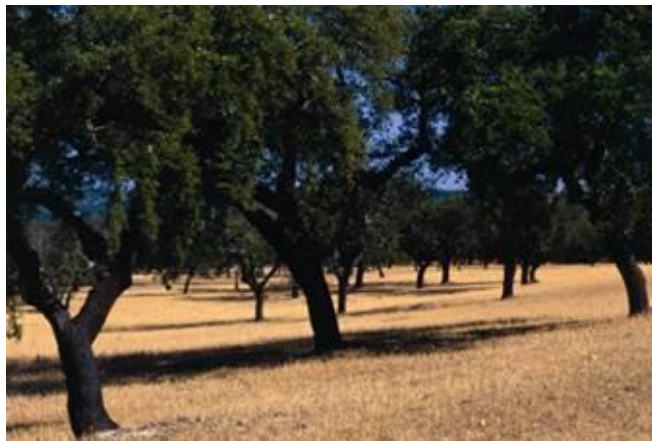


Figura 25 – Sobreiros

(www.apcor.pt/)

Desde o Quarto Milénio a.C., início da era do bronze, que a cortiça começou a ser utilizada pelo ser humano com os mais diversos fins do seu quotidiano. A pesca, o calçado e os telhados de casas são exemplos de algumas utilizações que se davam a este material. Naturalmente, nesta época remota, já se reconheciam algumas qualidades a esta matéria-prima natural e de fácil manuseamento.

Foi na Grécia Antiga que surgiram as primeiras referências ao sobreiro pelo filósofo Teofrasto que, nos seus tratados de Botânica, refere “a faculdade que esta árvore possui em renovar a casca quando esta lhe é retirada”. Para os Gregos a cortiça tinha um valor divinal e apenas os sacerdotes a podiam cortar, dado que o sobreiro era uma árvore consagrada ao Deuses Olímpicos.

Com os Romanos outros usos lhe foram dados, tais como a utilização para fazer colmeias e a vedação de ânforas, devido ao reconhecimento das suas características como bom material de isolamento térmico.

Materiais para uma construção sustentável: o caso da cortiça

Portanto, a cortiça é um material cujas aplicações são conhecidas desde a Antiguidade, algumas delas, desde logo relacionadas com a construção, mas sobretudo como artefacto flutuante e como vedante, cujo mercado, a partir do início do século XX, teve uma enorme expansão, nomeadamente face ao desenvolvimento de aglomerados diversos à base de cortiça.

A cortiça é considerada um material estratégico utilizado para múltiplas aplicações, desde a vedação de vinhos, calçado e vestuário.



Figura 26 - Rolhas de cortiça
(www.apcor.pt/)



Figura 27 - Produtos fabricados a partir de cortiça (www.corkdesign.com.pt/)

A União Europeia é o maior produtor de cortiça, encontrando-se localizado no continente europeu mais de 80% da produção mundial, nomeadamente nos países do Sul do Mediterrâneo, dos quais se destaca Portugal, com mais de metade da produção europeia. Os sobreiros estão extremamente bem adaptados às regiões semiáridas do Sul da Europa, evitando a desertificação e sendo o habitat perfeito para muitas espécies animais e vegetais. A quase totalidade da cortiça é processada na União Europeia, que importa também alguma cortiça do Norte de África, contribuindo para a economia e emprego europeus (Gil, 2006).



Figura 28 - Aspecto da cortiça antes do seu processamento (APCOR)

Portugal tem um lugar de relevo face a outros países da região do mediterrâneo pois é o país onde o sobreiro está mais bem adaptado, logo, é o país que possui a maior área de sobreiro. É também o maior produtor mundial de cortiça, com mais de 62% de toda a produção mundial (Fortes et al., 2014).



Figura 29 - A distribuição da cortiça em Portugal. (Fortes, 2014)

Estrutura e composição da cortiça

A cortiça é um material natural obtido a partir do sobreiro (*Quercus Suber L.*), uma árvore que se encontra geralmente na zona mediterrânica ocidental, que pode atingir os 150 a 200 anos de idade.

É formada por uma estrutura em colmeia de células microscópicas, preenchidas por um gás semelhante ao ar e revestidas na sua maioria por suberina e lenhina, embora também se encontrem, em quantidades inferiores compostos como os polissacáridos, ceróides e taninos. A principal componente da cortiça é a suberina, uma mistura de ácidos orgânicos a partir da qual são formadas as paredes das suas células, impedindo a passagem de água e de gases (Gil, 2006).

Num centímetro cúbico da cortiça contam-se cerca de 40 milhões de células dispostas em fiadas perpendiculares ao tronco de sobreiro. Cada célula tem a forma de um minúsculo prisma, pentagonal ou hexagonal, cuja altura não ultrapassa os 40 a 50 micrómetros. Uma prancha de cortiça contém cerca de 60% de elementos gasosos, o que explica a sua leveza. Este agregado de pequenas almofadas concede à cortiça uma compressibilidade fora do vulgar. Em simultâneo, graças à impermeabilidade que a suberina dá às paredes da célula da cortiça, esta é hermética (Boschmonart, 2011).

A cortiça constitui a camada protectora exterior do sobreiro e possui qualidades únicas que a tornam uma matéria-prima de excepção para o sector da construção, tais como a elevada eficiência em isolamento térmico, acústico, e como material de baixa resiliência. A cortiça tem ainda uma elevada sustentabilidade e um reduzido impacto ambiental (Ferreira,2012).

A nível macroscópico, a cortiça é composta transversalmente pela “raspa”, a principal constituinte da “costa” (que é a parte exterior da cortiça), pelos anéis de crescimento intermédios e pela “barriga” ou “ventre”, último anel de crescimento que constitui a camada interior de uma tirada de cortiça. A formação dos anéis de crescimento varia consoante seja verão ou inverno.

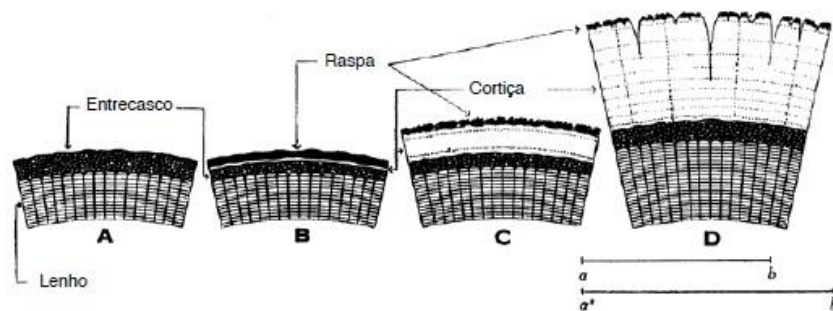


Figura 30 - Esquema do crescimento da cortiça no sobreiro
(Gil, 2006)

A raspa, a camada mais exterior, possui uma textura seca e endurecida, apresentando diversas fendas que são provocadas pelo aparecimento dos anéis de crescimento. Estes anéis apresentam uma maior ou menor espessura consoante sejam formados no outono e no inverno ou na primavera e no verão, respectivamente. Este facto relaciona-se directamente com a dimensão das células da cortiça e suas membranas celulares que, no primeiro período referido, possuem uma espessura de 2 a 2,5 μm e, no segundo período referido, de 1 a 1,25 μm .

A barriga apresenta uma menor elasticidade comparativamente com os restantes anéis de crescimento, possuindo os designados orifícios de canais lenticulares, que atravessam radialmente todas as camadas referidas. Estes orifícios constituem, transversalmente, os poros. A porosidade da cortiça, a par da cor,

lisura e macieza, é um dos factores que permite atestar a qualidade da mesma através da observação exterior.

A nível microscópico a cortiça é constituída por um tecido de células mortas, compactadas entre si, que se encontram impermeabilizadas (quer a água, quer a gases), por uma substância designada suberina e por resinas existentes na sua composição (Gil, 2006).

Este material apresenta uma percentagem de vazios na ordem dos 85 a 90%, sendo estes os espaços interiores das células, que perderam o seu conteúdo no processo de suberização, estando agora preenchidos por uma mistura de ar e azoto

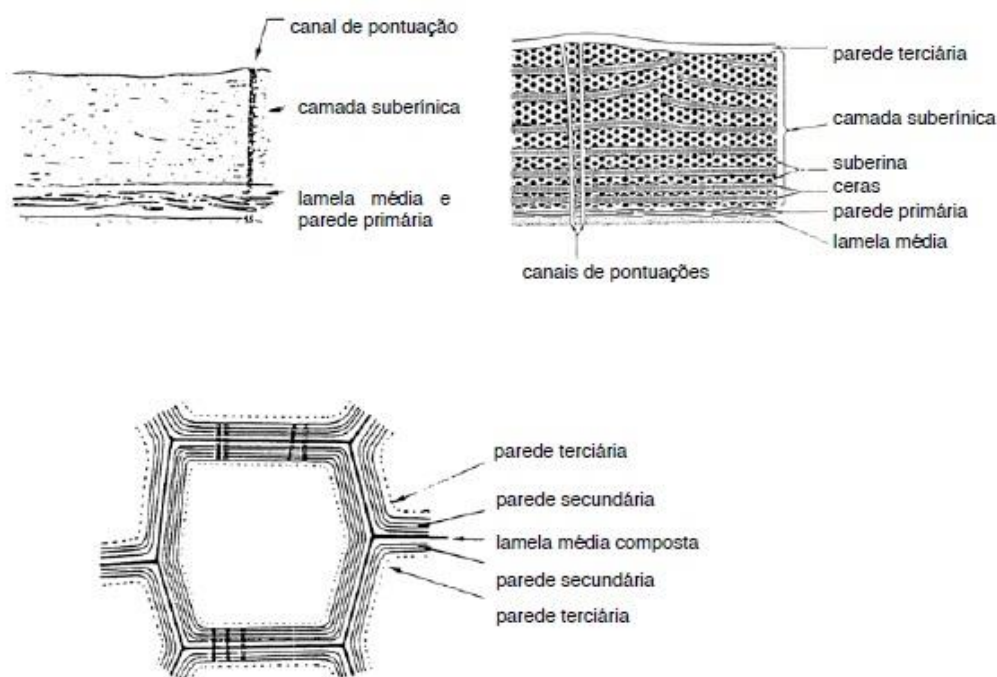


Figura 31 - Estrutura microscópica da cortiça (Gil, 2006)

O elevado volume de vazios e a reduzida dimensão das células da cortiça são os dois factores determinantes para o seu excelente comportamento enquanto isolante térmico. O primeiro permite-lhe reduzir a transferência de calor por condução visto que este processo depende da quantidade da matéria sólida presente na estrutura celular do material. O segundo minimiza a transferência de calor por convecção e por radiação, pois quanto menor for a dimensão das células, mais vezes o calor é absorvido e irradiado por estas (Ferreira, 2012).

Em termos de composição química, a cortiça é constituída pelos seguintes componentes:

Tabela 16 – Composição química da cortiça (Gil, 2006)

Composto	Percentagem	Função
Suberina	45	Impermeabilização, compressibilidade e elasticidade
Lenhina	27	Estrutura das paredes celulares
Polissacáridos	12	Estrutura da cortiça
Ceróides	6	Impermeabilização
Taninos	6	Cor e protecção/conservação
Cinza	4	Nenhuma relevante

Cada um destes constituintes químicos da cortiça, conferem-lhe uma determinada capacidade e são também responsáveis pelo enorme potencial desta matéria-prima no sector da construção.

A suberina, seu principal composto químico, proporciona-lhe impermeabilidade, elasticidade e compressibilidade, aumentando a capacidade de deformação das suas células. A resistência mecânica da cortiça é-lhe conferida pelos polissacáridos e pela lenhina, sendo esta a responsável pela rigidez das paredes celulares.

Descortiçamento

O sobreiro só pode ser descortiçado quando a árvore tem 25 anos de idade, cerca de 70 centímetros de perímetro de tronco, para uma altura nunca inferior a 120 centímetros da árvore. A extracção da cortiça é efectuada ao longo da vida do sobreiro, em intervalos regulares de nove anos

A cortiça é extraída do tronco e ramos do sobreiro, sob a forma de peças semi-tubulares, habitualmente no Verão, e com uma periodicidade legal mínima (em Portugal) de nove anos. A primeira extracção da casca do sobreiro, a desbóia, produz cortiça de uma qualidade inferior e com

uma estrutura irregular, designada por “cortiça virgem”. Na segunda extracção, que será efectuada geralmente 9 anos após a primeira, a cortiça obtida é de uma qualidade superior e de maior regularidade, a chamada “cortiça secundeira”. A partir da terceira extracção a cortiça obtida já atingiu a sua qualidade máxima, passando então a designar-se por “cortiça amadia”. A árvore não pode ser totalmente “despida” do seu revestimento suberoso, pois poderia não sobreviver a esta operação. Esta operação é efectuada manualmente com recurso a machados, existindo já processos mecânicos (Lopes, 2011).



Figura 32 - Sobreiro após o processo de descortiçamento. (www.amorim.com)

Extraem-se em média cerca de 30 kg de matéria-prima por árvore. Após a extracção, uma nova casca do sobreiro inicia o seu crescimento sobre a superfície exposta do tronco. O processo de extracção da cortiça é altamente especializado e assegura-se que a árvore não é de modo algum afectada.

O sobreiro é uma árvore de crescimento lento que pode viver até 200 anos o que permite, em média, que lhe seja extraída cortiça cerca de 16 vezes durante a sua vida. A primeira extracção só ocorre quando a árvore já perfaz 25 anos, quando o tronco possui uma circunferência de 70 centímetros. Após as duas primeiras extracções, em que a segunda extracção é feita 9 anos após a primeira, a cortiça extraída é de melhor qualidade, com superfícies externas e internas menos rugosas e com melhores características e qualidade



Figura 33 - Extração manual da cortiça. (www.amorimcork.com/)

A extração da cortiça é feita, ainda hoje, por um processo manual com a ajuda de um machado. A habilidade necessária à extração da cortiça não permite automatizar a operação. Devido ao facto desta operação ser totalmente manual, as emissões geradas nesta operação são apenas as que dizem respeito ao consumo de combustível relacionado com o transporte dos trabalhadores para o montado de sobreiro.

A extração da cortiça tem até um impacto positivo pois desta forma esta a preservar-se e a controlar um recurso natural que tem como efeito secundário do seu crescimento a absorção de dióxido de carbono da atmosfera.

A poda do sobreiro, também feita regularmente, nos intervalos do descortiçamento, faz parte do processo necessário de limpeza da árvore por forma a que se mantenha saudável. A cortiça retirada dos ramos podados, de qualidade inferior, serve para fazer os aglomerados de cortiça, que serão estudados mais adiante. Dos despojos da poda, é obtida a falca, tecido misto de cortiça virgem, entrecasco e lenho, retirada tradicionalmente com machado ou enxó a partir dos ramos podados dos sobreiros (Gil, 2006).

4.2.Potencialidades de aplicação

As partes da cortiça que não são utilizadas para o fabrico de rolhas ou produtos decorativos bem como os desperdícios daí resultantes, são transformados em grânulos, a base de um grande sector da indústria corticeira actualmente, os aglomerados. A cortiça, sob a forma de um aglomerado, retém todas as propriedades e características já descritas. O facto de ser um produto 100% natural e

ecológico permite-lhe atingir uma posição de destaque e de vantagem em relação a outros produtos em uso actualmente

As excelentes propriedades da cortiça proporcionam-lhe uma vasta aplicação no sector da construção civil, podendo ser utilizada para revestimento de paramentos, juntas de dilatação ou compressão, isolamento térmico, isolamento acústico e isolamento vibrático.

As suas principais características como material de construção são:

- É um produto imputrescível, e, como tal apresenta uma longa durabilidade;
- Permite um bom isolamento acústico, térmico e a vibrações;
- Não reage com agentes químicos;
- Não liberta gases tóxicos aquando da sua combustão;
- Resistente à compressão;
- É um material leve o que permite o seu manuseio com rapidez;
- Possui uma elevada estabilidade dimensional;
- É um material 100% natural e reciclável.

4.2.1 Exemplos de aplicação em construção

A utilização de cortiça e de produtos seus derivados já se encontra bastante disseminada e o seu uso está patente em diversas obras de construção civil.

Entre as suas diversas aplicações encontram-se as seguintes:

- Isolamento de ruídos aéreos;
- Isolamento de ruídos de percussão;
- Correção acústico;
- Isolamento anti-vibrático;
- Isolamento de coberturas planas e inclinadas;
- Isolamento de estruturas de betão;
- Isolamento de fachadas;
- Isolamento de paredes.

Mais a frente nesta dissertação serão estudadas em pormenor algumas destas aplicações da cortiça, mais concretamente do material que será o foco desta dissertação – em termos de materiais fabricados à base de cortiça – o aglomerado de cortiça expandida.

Aplicação de cortiça em edifícios

Uma das obras mais recentes e carismáticas a utilizar cortiça foi o pavilhão de Portugal, na Expo 2010 Xangai.



Figura 34- Pavilhão de Portugal Expo 2010 Xangai.
(www.amorim.com)

O pavilhão foi construído com 5500 m² de cortiça cedida pela Corticeira Amorim, e foi desenvolvido apoiando-se na cortiça como uma solução para a construção ecológica do futuro. Os materiais foram aplicados como elemento estético, nos revestimentos interiores mas também em soluções técnicas. Na fachada foram usados 3640 m² e mais de 28 mil kg de aglomerado de cortiça expandida.

Em Portugal, um exemplo de construção que pode ser feita com cortiça é a “*The Cork House*”, em Arcos de Valdevez, construída em 2011.



Figura 35 -*The Cork House* (www.the-cork-house.com)

Esta habitação, idealizada pelo arquitecto Aníbal Remo da Cunha, centra-se no respeito pela natureza e no espaço em que a casa se insere. A habitação caracteriza-se por ser ecológica e possuir um consumo energético baixo. É também a primeira casa integralmente construída com um revestimento de cortiça.

A habitação tem dois pisos, com uma área total de 96 m², e está revestida com cortiça com 7 cm de espessura.



Figura 36 -*The Cork House* (www.the-cork-house.com)

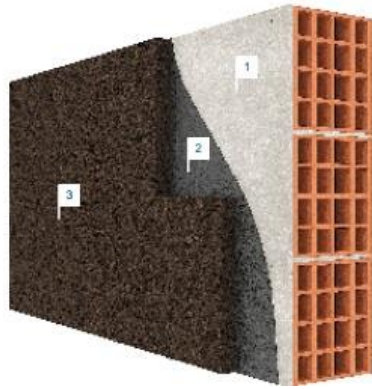


Figura 37 - Revestimento de fachada com cortiça à vista na *The Cork House* (www.the-cork-house.com)

Na figura 37 encontra-se representado um pormenor construtivo da *The Cork House*, em que temos o suporte (1), o produto de colagem (2) e o revestimento de cortiça expandida (3).

No hotel Villa Extramuros, em Arraiolos, foi usado aglomerado de cortiça expandida como revestimento no interior dos quartos.

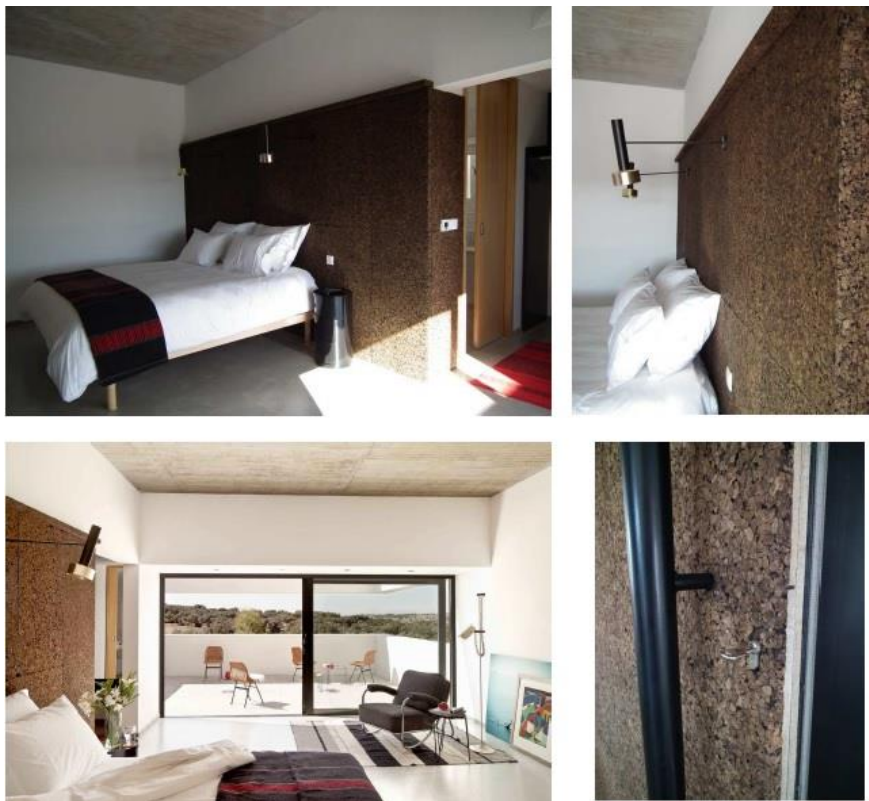


Figura 38 - Hotel Villa Extramuros (www.villaextramuros.com)

4.3. Produção de produtos de cortiça para a construção civil

Em construção civil a cortiça tem diversas aplicações, quer a nível de revestimentos de pavimentos, quer a nível de isolamentos. Os produtos de cortiça mais correntes para construção civil são os isolantes térmicos, acústicos e vibráticos, os tectos falsos, revestimento de paredes, pisos e tectos, granulados para enchimento de espaços e misturas com argamassas, juntas isolantes e de dilatação ou compressão. Os produtos derivados de cortiça são também utilizados em fins industriais, tais como, componentes anti vibração para maquinaria e isolamentos para frio industrial. Descritos abaixo estão os passos e metodologias para a produção de alguns destes produtos.

Granulados

Os granulados de cortiça são obtidos através da acção de vários tipos de moinhos em função do material a triturar e do tipo de grânulos pretendidos. É também, geralmente, efectuada uma secagem por circulação forçada de ar quente, usualmente em secadores rotativos, para conferir ao granulado o grau de humidade desejado (Gil, 2006)

Os granulados são produzidos segundo os seguintes passos:

1. Extração da matéria-prima;
2. Trituração;
3. Limpeza;
4. Secagem;
5. Separação granulométrica;
6. Moagem,
7. Selecção granulométrica;
8. Separação densimétrica;
9. Ensilagem;
10. Secagem;
11. Aglomeração.

Aglomerados Compostos

A partir dos granulados, temos a produção dos aglomerados compostos de cortiça, que resultam de um processo de aglutinação dos grânulos com uma granulometria e massa volúmica específicas por acção conjuntada pressão, temperatura e um agente de aglutinação, em função do produto e aplicação pretendida.

Após recurso a doseamento automático ou manual, a mistura de grânulos com os aglutinantes e eventualmente outros agentes auxiliares, é habitualmente efectuada através de misturadores de pás usando-se um processo de rolos para o caso do *rubbercork*.

Para aglomerado para fins decorativos, é usada uma massa volúmica do aglomerado entre 200 e 350 Kg/m³ e granulados de calibre fino-médio. Para aglomerados destinados a revestimentos de pisos, a densidade é normalmente superior a 450 kg/m³ e poderá chegar a 600 kg/m³. As juntas de dilatação são fabricadas com granulado de calibre médio e o aglomerado possui geralmente uma massa volúmica de 250-350 Kg/m³. No fabrico deste tipo de aglomerados usam-se fundamentalmente resinas sintéticas de poliuretano, fenólicas (fenol-formaldeído) e melamínicas, e por vezes são também utilizadas resinas de origem vegetal (Gil, 2006)

A mistura a utilizar, é medida e colocada em moldes, usualmente metálicos e de forma paralelepípedica (no fabrico de rolos são utilizados moldes cilíndricos), após o que são colocadas as tampas e se efectua uma prensagem, trancando sob determinada compressão.

Os moldes contendo a mistura prensada são colocados (para polimerização dos aglutinantes) em fornos de aquecimento, que efectuarão a “cura” do material. Esta fase serve para a polimerização dos aglutinantes.

Após a “cura”, efectua-se a desmoldagem e um arrefecimento/estabilização obtendo-se um bloco de aglomerado que é laminado em folhas, por vezes a quente. A fase seguinte é a lixagem, para acerto da sua espessura e para conferir o grau de rugosidade desejado. As folhas assim preparadas são então cortadas, usualmente ladrilhos quadrados ou rectangulares, e depois sujeitos ao acerto das dimensões e esquadria. No caso dos rolos estes são “desenrolados” por laminagem contínua do bloco cilíndrico, obtendo-se uma folha contínua que vai sendo enrolada (Gil, 2006).

Os ladrilhos de cortiça têm portanto os seguintes passos na sua produção:

1. Aglomeração do granulado;
2. Repouso;
3. Laminação;
4. Colagem;
5. Lixagem;
6. Pré-Corte,
7. Envernizamento;
8. Corte e rectificação;
9. Escolha;
10. Embalagem;
11. Armazenamento.

Existe ainda um processo de aglomeração em que a mistura (grânulos + aglutinante) com as granulometrias desejadas é distribuída num tapete rolante e enviada para uma prensa de pratos aquecidos obtendo-se uma única folha na espessura desejada.

Painéis de piso flutuante

Os chamados pisos flutuantes são usualmente formados com uma camada intermédia em HDF (aglomerado de fibras de madeira de média ou de alta densidade), com uma folha de aglomerado de cortiça na parte inferior e uma folha de aglomerado de cortiça decorativa de alta densidade na parte superior. A colagem das diferentes camadas é efectuada por distribuição de cola em ambos os lados da camada intermédia, sendo posteriormente aplicadas as camadas superior e inferior de cortiça. O conjunto é então prensado, podendo ser utilizadas prensas de pratos aquecidos ou a frio.

As placas assim obtidas podem ser depois tratadas superficialmente como um aglomerado de revestimento tradicional. Após o corte em painéis de dimensão determinada, as suas arestas são fresadas para formar o perfil de encaixe adequado (Gil, 2006).

O processo de fabrico dos painéis de piso flutuante é o descrito abaixo:

1. Aglomeração do granulado;
2. Laminação;
3. Corte;
4. Colagem;

5. Lixagem,
6. Envernizamento ou enceramento;
7. Corte e perfilagem;
8. Embalagem;
9. Armazenamento.

Aglomerado de cortiça com borracha

Outro tipo de aglomerado à base de cortiça, com uma tecnologia de produção bastante diferente, e com áreas de aplicação diferentes, é designado por *rubbercork*. Este tipo de aglomerado é usado essencialmente em juntas e para pavimentos, sobretudo para locais de grande intensidade de tráfego.



Figura 39 – Rubbercork
(<http://www.rubbersheetroll.com/>)

Nas diferentes formulações, para além do granulado de cortiça e da borracha, são também aplicados agentes de vulcanização, anti-oxidantes, aceleradores de polimerização e corantes.

O processo de fabrico consiste em homogeneizar, comprimir e aquecer a mistura a aglomerar, constituída pelo granulado de cortiça e pela borracha, que de seguida é passada por uma calandra até formar uma massa homogénea. Esta pasta é cortada em placas e colocada em moldes, prensada e curada, do mesmo modo que no caso do aglomerado composto de cortiça usual, obtendo-se blocos que são depois seccionados nas dimensões desejada

Aglomerado expandido

O aglomerado de cortiça expandida é, dos diversos produtos derivados da cortiça, aquele que é produzido em mais quantidade e o produto com mais aplicações em construção, como produto isolante e de revestimento. Este produto foi inventado acidentalmente em 1891, em Nova Iorque, por John Smith, um fabricante de coletes salva-vidas compostos por granulado de cortiça expandida envolvidos em lona. Os coletes eram enchidos com o auxílio de tubos metálicos, o que permitia que a lona ficasse estendida. Numa ocasião, um dos tubos cheio de granulado de cortiça rolou acidentalmente para uma caldeira. Na manhã seguinte, ao limpar o forno, John Smith reparou que o calor não tinha consumido a cortiça no interior do tubo, mas tinha criado uma massa cilíndrica perfeitamente agregada. Este método obteve a designação “*Joining cork with its natural resins*”. O fabrico de aglomerado iniciou-se em 1893 pela empresa Stone & Duryes que adquiriu a patente a John Smith. Em 1904, a patente foi adquirida pela empresa em Armstrong que, em 1923, desenvolveu o processo de cozedura por vapor de água sobreaquecido, processo esse que se mantém até aos dias de hoje (Gil, 1998).

A indústria do aglomerado expandido utiliza a cortiça que não é usualmente processada nas restantes indústrias aglomeradoras. A primeira fase do processo consiste na trituração da cortiça para se obter a granulometria desejada. A granulometria obtida é função do tipo de aglomerado a fabricar, por exemplo, pode ser de 3 a 10 mm para o aglomerado acústico e de 5 a 22 mm para o aglomerado térmico.

A fase seguinte envolve a eliminação de impurezas, nomeadamente o lenho e o entrecasco, com o auxílio de separadores densimétricos, crivos e, eventualmente, separadores pneumáticos ou mantas rotativas.

O granulado assim obtido é então ensilado e seco até se alcançar um teor de humidade ideal. A aglomeração, é efectuada pelo processo do autoclave que funciona também como molde. O granulado é descarregado e depois do fecho do molde é ligeiramente comprimido. A cozedura é efectuada por insuflação de vapor de água sobreaquecido, a uma temperatura de cerca de 300-370°C. O vapor sobreaquecido atravessa a massa de grânulos e produz a exsudação das resinas da cortiça para a superfície dos grânulos e o seu aumento de volume, que como estão confinados no autoclave, determina a sua aglutinação. O tempo de cozimento é de 17 a 30 minutos nos casos mais comuns, dependendo do teor de humidade inicial do granulado.

Os blocos produzidos são cortados em placas de diferentes espessuras, normalmente com serras de fita, a que se segue o acerto de dimensões e esquadria, usualmente com serras de disco. As placas podem ter ainda uma ou ambas as faces maiores lixadas. A partir das partes superiores e inferiores

rejeitadas destes blocos ou de placas defeituosas ou obtidas de demolições, obtém-se o regranulado de cortiça expandida por trituração (Gil, 2006).

O processo de fabrico do aglomerado expandido pode ser resumido nos seguintes passos:

1. Extração;
2. Empilhamento para proceder à secagem;
3. Armazenamento;
4. Loteamento;
5. Trituração;
6. Limpeza;
7. Ensilagem;
8. Arrefecimento;
9. Estabilização;
10. Corte;
11. Acabamentos;
12. Embalagem.

No ano 2000, em Portugal, a produção de aglomerado de cortiça expandida equivalia a 23% do volume de produção de produtos corticeiros.

4.4. Produtos de cortiça e as suas características físico-mecânicas

Neste subcapítulo 4.4. serão analisados alguns dos mais relevantes materiais de construção derivados da cortiça, do ponto de vista das suas propriedades e características. O aglomerado de cortiça para isolamentos térmicos e acústicos será o produto a que será dado um maior destaque dada a sua relevância para o tema desta dissertação.

4.4.1. Aglomerado de cortiça para isolamentos térmicos e acústicos

Neste campo, temos o isolamento térmico de edifícios (tecto, solos e paredes), designadamente como isolamento térmico colocado em paredes ,na protecção das coberturas em betão armado contra as amplitudes térmicas atingidas, e isolamento de coberturas inclinadas. Este tipo de isolamento reduz as perdas de energia, e também impede, ou diminui a condensação superficial da humidade nas paredes e tectos.

No campo da acústica, temos a correcção por absorção acústica, o isolamento de ruídos aéreos e o isolamento de ruídos de percussão.

Isolamento térmico

As propriedades requeridas para um isolante térmico são:

- Baixo coeficiente de condutividade térmica;
- Não absorção de humidade;
- Resistência mecânica adequada à utilização;
- Trabalhabilidade;
- Resistência ao fogo;
- Ausência de cheiro;
- Durabilidade;
- Baixa massa volúmica.

Tabela 17 – Características médias do aglomerado expandido de cortiça (térmico) (Gil, 2006)

Massa volúmica	100-140 kg/m³
Coeficiente de condutividade térmica ($\theta_m = 23^\circ\text{C}$)	0,039-0,045 W/m.°C
Calor específico (a 20°C)	1,7-1,8 kJ/kg.°C
Coeficiente de expansão térmica (20°C)	25-50 X 10 ⁻⁶
Pressão máxima em condições elásticas	50 kPa
Módulo de elasticidade (compressão)	19-28 daN/cm ²
Difusividade térmica	0,18-0,20 X 10 ⁻⁶ m ² /s
Coeficiente de Poisson	0-0,02
Permeabilidade ao vapor de água	0,002-0,006 g/m.h.mmHg
Tensão de rotura à flexão	1,4-2,0 daN/cm ²
Tensão de rotura à tracção transversal	0,6-0,9 daN/cm ²
Tensão de rotura à tracção longitudinal	0,5-0,8 daN/cm ²
Variação dimensional 23-32°C, 50-90% HR	0,3%
Oxigénio index	26%
Tensão deformação a 10% (compressão)	1,5-1,8 daN/cm ²
Deformação sob temperatura (80°C)	1,4 a 2,4% (espessura)

Os aglomerados de cortiça são dos materiais isolantes mais vantajosos, pois a sua massa volúmica é comparativamente elevada, o mesmo acontecendo ao seu calor específico, o que conduz a difusidades térmicas muito baixas, comparativamente a isolantes com λ semelhantes, havendo uma excelente conservação do calor ou do frio. As resistências térmicas proporcionadas pelas espessuras usuais de aplicação do aglomerado expandido garantem facilmente os valores regulamentados para as características térmicas dos edifícios. Um dos aspectos importantes a considerar para a aplicação dos isolamentos térmicos e mais concretamente do aglomerado expandido de cortiça é a determinação da espessura do isolamento necessário para determinadas condições térmicas e para evitar a condensação superficial (Gil, 2006).

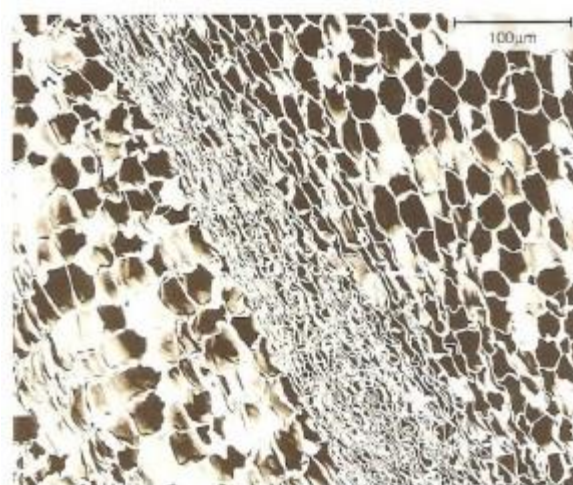


Figura 40 - Estrutura de aglomerado de cortiça expandida do tipo térmico (Fortes, 2004)

Essa espessura de isolamento irá contribuir para um maior ou menor atraso térmico. O atraso térmico é simbolizado pelo tempo decorrido entre uma variação térmica no meio e a sua manifestação na superfície oposta de um elemento construtivo submetido a um regime de periódico na transmissão do calor. Pode dizer-se que quanto maior for o atraso térmico maior será a resistência oferecida à transferência do calor. A Amorim Isolamentos S.A. encomendou um estudo à Universidade de Coimbra por forma a analisar o atraso térmico em placas de aglomerado de cortiça expandida.

Tabela 18 - Dados do material (Amorim Isolamentos – Relatório de atraso térmico)

Material	Condutibilidade Térmica ($W.m^{-1}.^{\circ}C^{-1}$)	Calor Específico ($J.kg^{-1}.^{\circ}C^{-1}$)	Massa Volúmica ($kg.m^{-3}$)	Difusividade Térmica ($m^2.s^{-1}$)
ICB (1)	0,038	1550	100	2,44E-07

Tabela 19 - Resultados obtidos (Amorim Isolamentos – Relatório de atraso térmico)

Espessura do Isolamento (m)	Atraso térmico (em horas)
	ICB
0,010	0,467
0,020	0,933
0,025	1,167
0,030	1,400
0,040	1,867
0,050	2,333
0,060	2,800
0,070	3,267
0,080	3,734
0,090	4,200
0,100	4,667
0,150	7,000
0,200	9,334

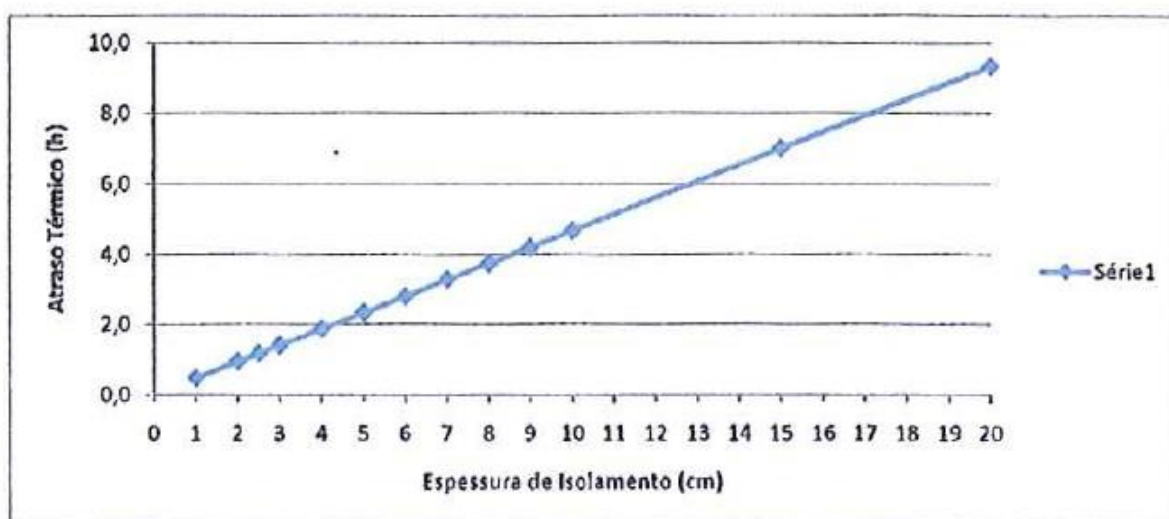


Figura 41 - Atraso térmico em função do aumento da espessura de isolamento (Amorim Isolamentos – Relatório de atraso térmico)

A aplicação de aglomerados expandidos de cortiça nas edificações estende-se às coberturas, pavimentos e paredes, sendo que no caso das coberturas podem sobre elas ser directamente aplicadas as membranas betuminosas de impermeabilização. A grande amplitude térmica a que este produto resiste, permite-lhe o contacto e a colagem directa destas membranas por aquecimento com maçarico, sem que tal comprometa a sua integridade estrutural (Gil, 2006).



Figura 42- Placa de ICB
(www.isocor.pai.pt)

No isolamento térmico de paredes, este produto pode ser aplicado quer pelo exterior, quer na caixa-de-ar quando se trata de parede de alvenaria dupla. As placas de ICB podem ocupar total ou parcialmente o espaço intermédio de uma parede dupla.

Outra forma de realizar o isolamento térmico é colocando as placas de aglomerado de cortiça expandida pelo exterior, sendo que esta é a forma mais eficaz de o fazer. Nesta solução, estas são coladas ou afixadas à face exterior da parede, sendo depois aplicado um revestimento que proteja estas de acções mecânicas que a podem deteriorar, tais como a chuva, ou até mesmo vandalismo, e que proporcione o acabamento final da fachada do edifício (Gil, 2006).

As suas características térmicas permitem-lhe oferecer um isolamento térmico ao nível dos isolantes sintetizados mais vulgarmente utilizados, como é o caso do poliestireno expandido, com valores de coeficiente de condutibilidade térmica entre 0,037 e 0,044 W/m.°C, e o poliestireno extrudido, entre 0,027 e 0,034 W/m.°C.

Torna-se mais eficiente do que estes devido à sua maior massa volúmica e calor específico, que conduzem a níveis de difusividade térmica inferiores, permitindo uma melhor barreira à entrada de calor e saída de frio dos espaços interiores, no Verão, e vice-versa no Inverno

As placas de aglomerado de cortiça expandida permitem também uma boa protecção face à humidade visto que a cortiça contém na sua constituição vários compostos hidrófugos, caso da suberina e das resinas naturais, que dificultam a entrada e a retenção da humidade para o interior do edifício.

Um caso específico de isolamento térmico em que se usam os aglomerados expandidos mais densos, é o do isolamento de instalações frigoríficas em zonas em que se tenham que exercer elevadas pressões fixas e/ou móveis, nomeadamente em pisos ou zonas de carga/descarga.

As temperaturas limites de utilização do aglomerado expandido cobrem facilmente a gama de valores encontrados nas aplicações em edifícios (-20°C a 90°) sem ocorrência de degradação, deformações ou alterações irreversíveis de propriedades, mesmo após décadas de utilização. A sua constituição permite suportar sem danos a aplicação de betumes em fusão, utilizados na colagem e impermeabilização de coberturas em terraços (Gil, 2006).

Isolamento acústico

Tabela 20 - Características do aglomerado expandido de cortiça (acústico) (Gil, 2006)

Massa volúmica	≤ 100 kg/m³
Coeficiente de absorção acústica (500-1500 c/s)	0,33-0,8
Coeficiente de condutividade térmica (θm = 23°C)	0,037-0,042 W/m.°C
Tensão de rotura à flexão	1,4-1,6 daN/cm ²
Permeabilidade ao vapor de água	0,004-0,010 g/m.h.mmHg
Tensão de rotura à tracção longitudinal	0,3 daN/cm ²
Absorção de água (imersão)	9,2 %
(capilaridade)	1,9%
Variação dimensional 32-66°C, 90-0% HR	0,4%

Relativamente à protecção contra o ruído há três aspectos a considerar:

- Correção acústica;
- Isolamento de ruídos aéreos;
- Isolamento de ruídos de percussão.

Correcção Acústica

A correcção acústica consiste na redução do nível sonoro, em decibéis, de um determinado ambiente, assim como na redução do seu tempo de reverberação. O aglomerado de cortiça expandida reduz o nível sonoro por efeito de absorção, reduzindo os tempos de reverberação. A sua aplicação pode ser feita em tectos ou em paredes.



Figura 43 - Aplicação de aglomerado de cortiça expandida no tecto (ISOCOR)

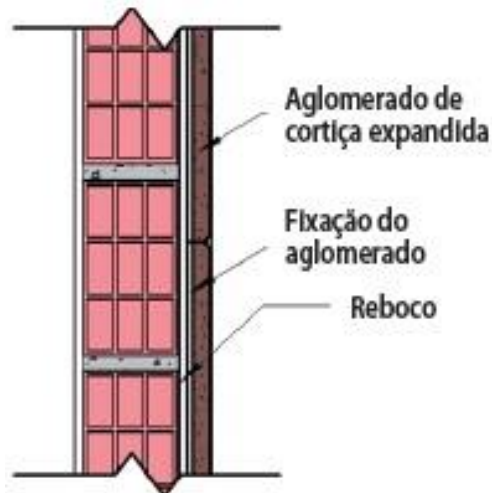


Figura 44 - Aplicação de aglomerado de cortiça expandida na parede (ISOCOR)

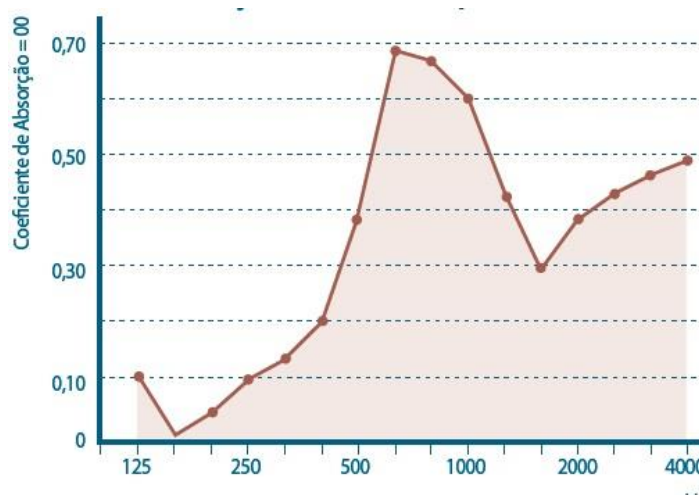


Figura 45 - Curva de absorção acústica (espessura=25mm)
(ISOCOR)

Isolamento de ruídos aéreos

O isolamento de ruídos aéreos consiste na redução da transmissão de ruídos produzidos no exterior ou em salas contíguas que se propagam pela estrutura do edifício. O aglomerado de cortiça expandida é um material absorvedor e pode ser usado como um isolante de ruídos aéreos, isto se o aglomerado de cortiça expandida possuir grânulos de pequenas dimensões (Gonçalves, 2014).

Isolamento de ruídos de percussão

O isolamento de ruídos de percussão consiste na redução do nível sonoro de ruídos derivados de impactos nas lajes, transmitidos ao piso imediatamente inferior da fracção que está isolada com o aglomerado de cortiça expandida. Para a redução ser efectiva é necessário garantir uma total independência entre o pavimento e a estrutura. É importante também manter a descontinuidade entre a betonilha de piso e as paredes circundantes por forma a eliminar transmissões marginais.

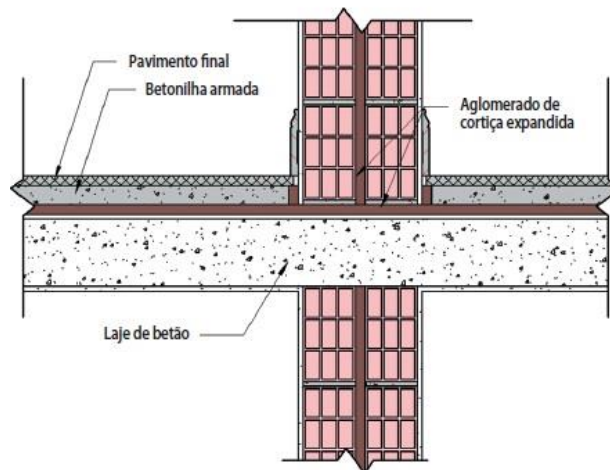


Figura 46 - Aplicação de aglomerado de cortiça expandida na laje (ISOCOR)

No caso específico do aglomerado de cortiça expandida produzido pela Corticeira Amorim, que será analisado mais à frente na estudo de ciclo de vida, encontramos as seguintes características técnicas (Amorim Isolamentos, S.A.):

Tabela 21 – Características técnicas do aglomerado de cortiça expandida (Corticeira Amorim)

Características Técnicas	Norma	Valores Limite/Tolerâncias	Classe
Comprimento	NP EN 822	1000 ± 5 mm	L2
Largura	NP EN 822	500 ± 3 mm	W2
Espessura	NP EN 823	(20 a 50 mm) ± 1mm (55 a 160 mm) ± 2mm	T1 T2
Esquadria	NP EN 824	≤ 2 mm	---
Planeza	NP EN 825	≤ 2mm	---
Massa Volumica Aparente	NP EN 1602	≤ 130 kg/m ³	---
Coefficiente de Condutibilidade Térmica	EN 12667	≤ 0,040 W/m.K (λ_D)	---
Rigidez Dinâmica (por 50mm de espessura)	EN 29052-1	≤ 126 MN/m ³	SD126
Resistência à Flexão	NP EN 12089	≥ 130 kPa	---
Resistência à Compressão (10% deformação)	NP EN 826	≥ 100 kPa	CS(10)100
Resistência à Tracção Perpendicular às Faces	NP EN 1607	≥ 50 kPa	TR50
Teor de Água	EN 12105	≤ 8%	---
Absorção de Água	NP EN 1609	≤ 0,5 kg/m ²	WS
Reacção ao Fogo	EN ISO 11925-1	≤ 150 mm (h)	Euroclasse E

Quanto á resistência térmica deste material de construção, os dados são os seguintes:

Tabela 22 - Valores de resistência térmica do aglomerado de cortiça expandida. (Corticeira Amorim)

Valores de Resistência Térmica	
Espessura (mm)	R_T (m ² .°C/W)
10	0,25
20	0,50
30	0,75
40	1,00
50	1,25
60	1,50
70	1,75
80	2,00
90	2,25
100	2,50
110	2,75
120	3,00
130	3,25
140	3,50
150	3,75

4.4.2.Aglomerado de cortiça para revestimentos de pisos e paredes

Os materiais de construção produzidos a partir de cortiça têm vindo cada vez mais a ser reconhecidos pelas suas boas características e funcionalidades diversas. A cortiça, para além de propriedades relativas à fricção, possuindo um elevado coeficiente de dissipação de energia, é resiliente e absorve os choques do andamento, diminuindo os ruídos de percussão e dando conforto ao andar.

A resiliência da cortiça faz com que os revestimentos com este material aliviem a tensão nas articulações e coluna, sendo agradáveis ao toque, mesmo com os pés descalços, facto importante em determinadas culturas e, para além disso, estes não retêm facilmente a sujidade.

4.4.3.Granulado de cortiça expandida

Durante a fabrico do aglomerado de cortiça expandida, obtêm-se o granulado de cortiça expandida. Este produto possui excelentes propriedades acústicas, uma condutibilidade térmica de $\lambda = 0,040$ W/m.°C e uma densidade de 60 a 70 kg/m³ e pode ser encontrado em granulometrias de 0-3, 3-5, 3-10 e 3-15 mm.



Figura 47 - Granulado de cortiça expandida(Amorim Isolamentos S.A)

São diversas as aplicações que este produto tem em construção civil. Pode ser utilizado como isolamento acústico a ruídos de percussão e como isolamento térmico ao reduzir perdas térmicas, no caso abaixo o granulado está a ser aplicado no espaço de ar entre as pranchas de madeira de um soalho flutuante.



Figura 48 - Granulado de cortiça expandida aplicado em soalho flutuante (Amorim Isolamentos S.A.)

Uma outra aplicação deste subproduto é como enchimento leve de betonilhas, em que o granulado é incorporado na mistura de cimento, areia e água directamente na betoneira, o que irá conferir à argamassa propriedades de isolamento térmico e acústico.

Na tabela 23 vemos como a incorporação de granulado irá alterar as propriedades da betonilha.

Tabela 23 – Incorporação de granulado de cortiça expandida (Amorim Isolamentos S.A)

Cimento	Composição Volumen Areia	Regran.	Massa Volúmica (kg/m³)	Resistência Comp. Flexão (kg/cm²)		Absorção Acústica			Conduct. Térmica W/m Cº
						Graves 100 - 315 Hz	Médios 400 - 1250 Hz	Agudos 1600 - 4000 Hz	
1	0	6	400	2	3,5				0,13
1	0	4	500	6,2	5	0,22	0,7	0,84	0,18
1	2	6	900	5	6	0,16	0,2	0,48	0,24
2	3	8	1100	11	7				0,6

Para além destas aplicações, o granulado de cortiça expandida poder ser utilizado como enchimento acústico e térmico em paredes interiores duplas, como isolamento térmico e acústico de sótãos e ainda como revestimento de solo com pavimento contínuo com incorporação do granulado de cortiça expandida como enchimento leve apresentado um acabamento rústico.



Figura 49- Enchimento em paredes duplas. (Amorim Isolamentos S.A)



Figura 50 - Revestimento de solo com pavimento contínuo (Amorim Isolamentos S.A)



Figura 51 - Isolamento térmico e acústico de sótãos (Amorim Isolamentos S.A)

4.4.4. Aglomerados de cortiça para isolamentos vibráticos

No campo anti-vibrático em que se utilizam os aglomerados mais densos (por exemplo, 180-200 kg/m³), são aplicados como amortecedores das vibrações nos suportes das máquinas, de modo a reduzir a transmissão das vibrações de funcionamento às estruturas em que assentam.

O isolamento vibrático de maquinaria é também efectuado pelo *rubbercork*. O produto pode ter também a designação de *corkrubber*, consoante a proporção de cortiça é inferior ou superior à da borracha. Este produto é actualmente também usado como sub-pavimento, nomeadamente para pisos flutuantes.

A nível do comportamento como anti-vibrático, o aglomerado expandido de cortiça com maior espessura corresponde a uma menor frequência de ressonância e a um maior factor de amplificação na ressonância. Quanto à massa volúmica, um menor valor para estas características corresponde a uma menor frequência de ressonância mas a um maior factor de amplificação na ressonância.

A frequência natural do aglomerado expandido como suporte anti-vibratório está relacionada com a deformação final máxima do material sob uma carga estática, portanto, à medida que aumenta a espessura do aglomerado, diminui a sua frequência natural, melhorando o isolamento à transmissão de vibrações (Gil, 2006).

4.4.5. Aglomerados de cortiça para juntas de dilatação

Devido à elevada compressibilidade e recuperação da cortiça, certos tipos de aglomerado composto são utilizados em juntas de dilatação entre elementos rígidos, nomeadamente em betão. Colocados entre a laje e o piso das construções, constituem também um bom isolamento acústico e mesmo térmico.

Os aglomerados compostos para juntas de expansão podem apresentar tipicamente como características, uma redução a 50% da espessura inicial para cargas de 0,35 a 10,5 MPa, uma recuperação a 90% da espessura original após compressão a 50%, e uma expansão de cerca de 6 mm para a mesma compressão. O *rubbercork* pode também ser aplicado em juntas de dilatação (Gil, 2006).

4.5. Estudo de Ciclo de Vida

No caso particular do presente trabalho, o ciclo de vida do material em estudo é o do aglomerado de cortiça expandida. A escolha por este material recaiu no facto de possuir variados usos em construção civil, ser um produto reciclável e reutilizável e por ser adequada a sua aplicação em obras com uma dimensão sustentável e ecológica mais vinculada.

4.5.1. Introdução

A análise do ciclo de vida inclui o ciclo de vida completo do produto, processo ou actividade. O ciclo de vida inclui os processos de (Ferreira, 2012):

- Extracção;
- Processamento de matérias-primas;
- Fabricação;
- Transporte e distribuição;
- Utilização;
- Manutenção;
- Reciclagem;
- Reutilização;
- Deposição final.

A aplicação das análises de ciclo de vida está regulamentada a nível internacional, sendo que um dos maiores inconvenientes na sua aplicação está no facto de implicarem a existência de grandes quantidades de dados, sobre os impactos ambientais dos materiais nas diversas fases que constituem o seu ciclo de vida (Santos Maia, 2013)

O método de análise de ciclo de vida [27] é um processo que permite analisar a interacção de um sistema com o ambiente durante todo o seu ciclo de vida, no caso de uma matéria-prima como a cortiça, desde que se efectua a sua extracção até ao instante em que é retirado do suporte onde esteve aplicado e tornado um resíduo. Esta abordagem vem do pressuposto de que todas as etapas da vida de um determinado produto geram algum tipo de impacto, quer económico quer ambiental, e devem ser analisados (NP EN ISO 14040. ISO 14040:2008)

A aplicação de análises de ciclo de vida a materiais utilizados no sector da construção, pressupõe a existência de levantamentos exaustivos sobre os impactos ambientais desses materiais, tais como a energia incorporada na extracção da matéria-prima e transformação num material passível de ser

utilizada em construção, assim como a energia necessária para transportar a matéria-prima ao local de transformação e daí para a local de aplicação. É óbvio que, devido à sua profundidade e abrangência, a quantificação de todos os impactos que ocorrem num sistema é uma análise complexa, dispendiosa e extensa.

Os objectivos primários numa análise de ciclo de vida são:

- Caracterizar todas as interacções existentes entre o processo considerado e o ambiente;
- Contribuir para um maior entendimento do processo e do seu impacto e consequências sobre o ambiente;
- Produzir informações objectivas que permitam identificar situações em que exista a possibilidade de efectuar melhorias ambientais no processo.

A ACV apresenta três variantes perante as várias fases de ciclo de vida estudadas (Mateus et al., 2006):

- Cradle-to-grave (do berço ao túmulo), que inclui todo o processo do ciclo de vida de um produto, desde a aquisição da matéria-prima até a fase de deposição final;
- Cradle-to-gate (do berço à porta), que inclui parte do processo do ciclo de vida de um produto, sendo esta desde a aquisição da matéria-prima até à entrega ao consumidor final.
- Cradle-to-gate (do berço à porta), que inclui parte do processo do ciclo de vida de um produto, sendo esta desde a aquisição da matéria-prima até à entrega ao consumidor final.

As análises de ciclo de vida são aplicadas para proceder a uma avaliação ambiental de um determinado processo, para que de futuro possa ser feita uma melhor gestão de recursos e uma redução de emissões, e consequentemente, identificar possibilidades de melhoria de um processo ou produto.

Permite comparar, dentro do mesmo sistema, diferentes métodos e processos que sirvam o mesmo fim, o que possibilita uma escolha entre processos mais ou menos intrusivos a nível ambiental.

As análises feitas vão em última análise gerar informações para os consumidores e para a comunidade científica, o que poderá servir de base para rotulagem ambiental e para facilitar a introdução de um novo produto no mercado, ou mesmo banir um processo ou produto existente.

No sector da construção civil, o conceito de análise do ciclo de vida é aplicado maioritariamente em (Augusto, 2011):

- Avaliação de materiais de construção com o fim de efectuar melhorias no produto final, no processo de fabrico e com o objectivo de fornecer informações a projectistas;
- Ferramentas computacionais especializadas no uso da análise de ciclo de vida para medições e ensaios comparativos do desempenho ambiental de materiais e componentes de construção civil;
- Instrumentos de informação aos projectistas;
- Rotulagem ambiental de produtos, um objectivo final muito importante, mas que ainda se encontra numa fase embrionária;
- Avaliação e certificação ambiental de edifícios.

Uma metodologia típica de análise do ciclo de vida compreende quatro etapas:

Tabela 24 - Metodologia de análise de ciclo de vida (Augusto, 2011)

Etapa 1	Estabelece o objectivo do estudo, a sua abrangência e profundidade.
Etapa 2	Estuda os materiais para a identificação e quantificação do consumo de recursos naturais e emissões para o ar, água e solo associadas a um produto durante todo o seu ciclo de vida.
Etapa 3	É feita a avaliação do impacto. Os fluxos estudados na etapa 2 são caracterizados segundo uma série de indicadores de impacto ambiental, tais como energia incorporada, emissões, consumo de recursos, potencial para reciclagem e toxicidade.
Etapa 4	Na última fase, de interpretação de dados, os impactos resultantes são confrontadas com o objectivo do estudo da etapa 1.

O tema da análise de ciclo de vida pode ser abordado em três níveis diferentes e progressivamente mais detalhados, desde os aspectos qualitativos aos quantitativos (Mateus et al.,2006):

- Análise de ciclo de vida conceptual – esta análise consiste maioritariamente numa discussão qualitativa com vista a identificar as fases do ciclo de vida e os impactes com mais significado. Este tipo de análise ajuda a enquadrar as diferentes questões relativas ao ciclo de vida a partir de dados qualitativos e generalistas. A informação que se obtém assume um carácter superficial e de cariz quantitativo.
- Análise de ciclo de vida simplificada – esta análise de ciclo de vida caracteriza-se por ser uma avaliação compreensível, já que abrange todo o ciclo de vida do produto embora seja também superficial, utilizando informação genérica, qualitativa e quantitativa, tais como modelos genéricos de transporte e produção de energia, focando os aspectos ambientais mais importantes.
- Análise de ciclo de vida detalhada – este tipo de análise é executada de acordo com as normas ISO 14040:1997 especialmente concebidas para análises de ciclo de vida.

4.5.2. Estudo de ciclo de vida da cortiça

Relativamente à cortiça e a produtos derivados, o seu ciclo de vida é o seguinte:

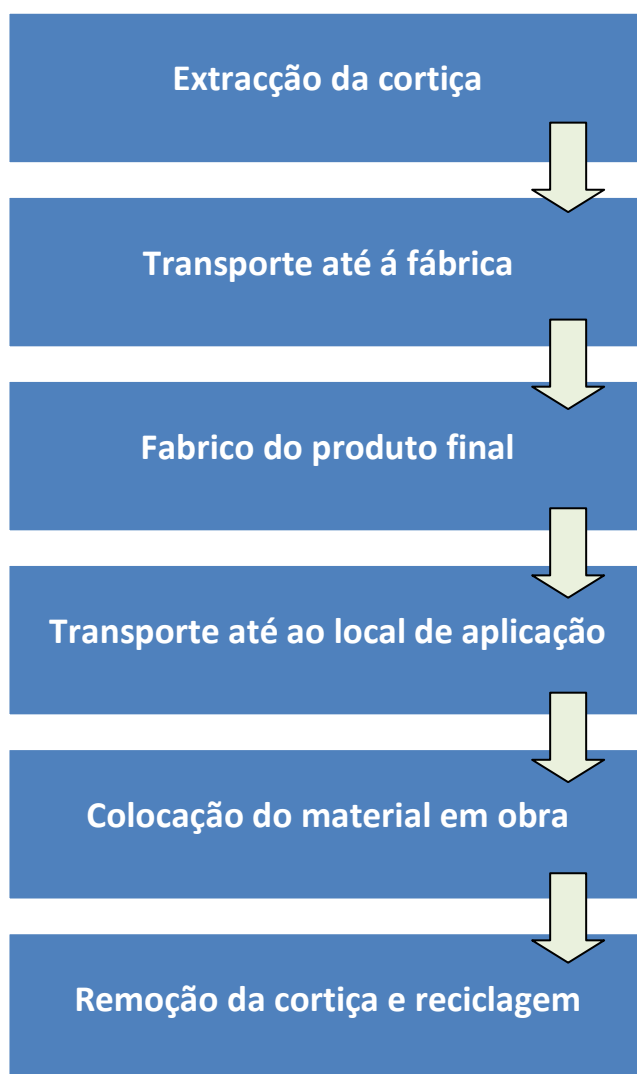


Figura 52 - Ciclo de vida de produtos derivados da cortiça

Estas fases são aquelas em que a cortiça e os materiais de construção daí derivados têm mais impacto no meio ambiente, logo, é necessário perceber qual a dimensão desse custo no meio ambiente para ser possível prever quais as consequências a longo prazo de uma massificação da utilização da cortiça como material de construção sustentável.

No caso da cortiça, esta análise é deveras importante pois os produtos de cortiça e as actividades a eles associadas estão muito ligados à absorção de carbono. A absorção de carbono pelos sobreiros ocorre durante o processo da fotossíntese e traduz-se no crescimento da planta e na transformação do dióxido de carbono presente na atmosfera em oxigénio e, no caso da matéria orgânica, em celulose.

No caso da presente dissertação, optou-se por fazer um estudo simplificado do ciclo de vida da cortiça como material de construção. Foi escolhido este método pois é o que mais se adequa às características e objectivos deste trabalho académico que, por restrições de tempo, não permitia que fosse efectuada uma análise de ciclo de vida detalhada.

Neste estudo será analisado o processo da transformação da cortiça como matéria-prima num aglomerado de cortiça expandida. Serão relatados em pormenor os processos de transformação a que a cortiça é sujeita e o seu percurso como material de construção aquando da sua aplicação num edifício.

4.5.3. Ciclo de vida de produtos de cortiça

Para a estudo de ciclo de vida vamos analisar a produção de aglomerado de cortiça expandida, na unidade de negócio da Amorim Isolamentos, em Vendas Novas

O aglomerado de cortiça expandida, também designado por aglomerado puro, adquire esta denominação porque se fabrica de forma distinta de outros aglomerados uma vez que a substância aglutinante ou de ligação, é resultante da degradação da cortiça a altas temperaturas.

Recorrendo às resinas naturais ocorrentes na cortiça é possível obter um produto que exhibe uma perfeita agregação.

O aglomerado de cortiça expandida é um produto constituído por 70 a 80% de falca, tecido misto de cortiça, entrecasco e lenho, proveniente dos ramos e obtido por extracção manual ou mecânica, originária dos despojos das podas dos sobreiros. Para além disso pode ainda conter refugos, cortiça proveniente de árvores queimadas ou mortas, aparas e restos de cortiça com defeitos graves ou de pior qualidade (Gil, 2005).

O uso de cortiça com melhor qualidade levará à obtenção de um produto final com melhores características físicas e mecânicas, contudo, não se aconselha um uso superior a 60 ou 70% de cortiça virgem pois isso conduzirá à obtenção de um produto de qualidade inferior.

Processo de fabrico de aglomerado de cortiça expandida

Em termos de aplicação em construção civil, um dos materiais com mais qualidades e vantagens para ser explorado é o aglomerado de cortiça expandida. Este material pode ser utilizado como material de revestimento térmico e acústico, e, revela um baixo impacto ambiental, por ser proveniente de uma fonte de matéria-prima renovável e altamente sustentável.

Graças a estas características, é um material de construção indicado para ser utilizado em novas construções e novos aglomerados habitacionais que respeitem as regras do planeamento urbano sustentável e que combatam o problema da habitação em países em vias de desenvolvimento com necessidades urgentes de habitação. Para além disto, e como foi visto no capítulo 2, nenhuma das novas habitações actualmente a ser projectadas e construídas possui qualquer espécie de isolamento térmico ou acústico, logo, a adição deste material seria bastante benéfico para os habitantes dessas novas habitações, ao mesmo tempo que contribuiria para o factor de sustentabilidade dessas mesmas casas.

Poda e descortiçamento

O fabrico do aglomerado de cortiça expandida inicia-se com o descortiçamento, a extracção da cortiça das árvores, de ramos provenientes da poda ou de árvores mortas ou queimadas.



Figura 53 – Descortiçamento
(www.sofalca.pt)

A poda regular do sobreiro é uma contribuição para a sustentabilidade ambiental, económica e social das áreas rurais da região do mediterrâneo, onde os sobreiros são encontrados. Em termos ambientais, o papel dos sobreiros como elementos que absorvem o dióxido de carbono e preservam a biodiversidade é fundamental.

Segundo o que foi referido pela empresa Amorim Isolamentos S.A., no fabrico do aglomerado de cortiça expandida não é utilizada cortiça natural. É utilizada a falca, o rebusco e o refugo.

Transporte da cortiça

O transporte da cortiça é feito desde o local de extracção em que a cortiça recolhida das árvores é de imediato carregada nos camiões que fazem o transporte até à unidade fabril onde irão ser processadas e transformadas em cortiça passível de ser utilizada para os mais diversos fins.

O transporte da cortiça é feito em camiões que podem transportar um máximo de 15 toneladas, ou 85 metros cúbicos, de matéria-prima



Figura 54 – Camião de transporte de cortiça a descarregar (Chandler, 2012)

No caso particular do fabrico de aglomerado de cortiça expandida, na unidade de negócio da Amorim Isolamentos, de Vendas Novas, desde o local extracção até à fábrica, os camiões irão percorrer, em média, um percurso de 30 quilómetros.

Segundo dados fornecidos pela Amorim Isolamentos S.A., em cada um dos camiões são transportadas 15 toneladas de matéria-prima, ou 8 metros cúbicos, e, cada camião tem um consumo de combustível de 30 litros de gasóleo por quilómetro.

As emissões de referência para o gasóleo são de 3098,2 kg CO₂ / tonelada equivalente de petróleo.

Desta forma, cada camião produz 77,892 kg de CO₂ a cada 100 quilómetros, logo, produz 23,367 kg de CO₂ a cada 30 quilómetros, o que equivale a 0,27 kg de CO₂ por cada metro cúbico de matéria prima para 85 m³ de matéria prima por cada camião ou a 1,56 kg de CO₂ por cada tonelada de matéria prima para 15 toneladas de matéria prima por cada camião.

Secagem ou estabilização

Após a extracção e o transporte até à unidade fabril, inicia-se a fase de secagem ou estabilização. Neste processo, o material é empilhado e remexido com uma certa periodicidade (manualmente ou com recurso a tractores) para que a sua secagem possa ser homogénea. Esta fase de repouso decorre ao ar livre durante um período mínimo de 6 meses. Neste período a cortiça perde seivas naturais do sobreiro, quer por secagem ao ar, quer por lixiviação pelas águas das chuvas, existindo em simultâneo

uma estabilização dimensional das pranchas. Após o processo de secagem estar concluído, efectua-se o loteamento ou mistura dos vários tipos de cortiça de diferentes proveniências, por razões ligadas à disponibilidade das matérias-primas existentes (Gil, 2006).

Trituração e limpeza

Na fase que se segue, a matéria-prima é triturada e limpa de impurezas. Esta operação serve para obter grânulos com determinada dimensão em função do tipo de aglomerado a fabricar. A granulometria final normalmente é de 3 a 10 mm para o aglomerado acústico e de 5 a 22 mm para o aglomerado térmico.

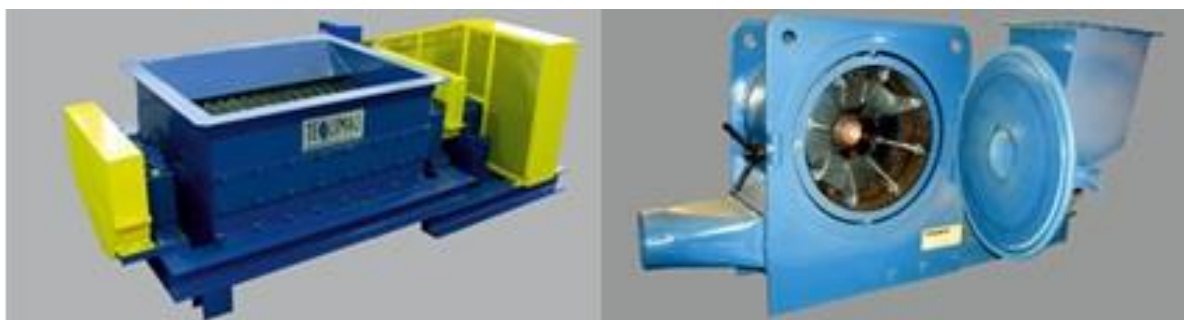


Figura 55 - Diferentes tipos de trituradores (www.tequimaq.pt)

A fase seguinte serve para eliminar impurezas, nomeadamente o lenho e entrecasco que são eliminados com o auxílio de separadores densimétricos vibráticos, crivos calibradores, separadores pneumáticos ou mantas rotativas.



Figura 56 - Crivo calibrador
(www.tequimaq.pt)

O granulado obtido deste processo é ensilado e seco por insuflação de ar quente a cerca de 110°C ou então é previamente seco e seguidamente ensilado. O objectivo deste processo é o de reduzir e controlar a humidade do material até aos valores ideais de 6 a 8%.até ser alcançado o teor de humidade ideal para a fase seguinte, a cozedura.

É de realçar que a temperatura de secagem não pode ser muito elevada de modo a não libertar as resinas naturais da cortiça. Este processo é bastante importante pois poderá por em causa todo o processo de cozimento (Gil, 1998).

Cozimento

O cozimento é um processo que pode ser realizado por via seca ou via húmida. Nos processos de via seca a matéria é sujeita a um tratamento térmico num forno. Contudo, o processo de via húmida, também designado por autoclave, é o método mais empregue actualmente. Neste caso, o cozimento é feito com o atravessamento de vapor de água no material, com temperaturas na ordem dos 340°C, e a densidade final dependerá do grau de compactação empregue (Gil, 2005).

O aglomerado produzido em autoclaves é bastante mais homogéneo e económico do que aquele produzido em fornos, exigindo menos tempo de fabrico. O vapor de água irá melhorar as características de isolamento, pois para além de provocar o cozimento do material, também retira algum material exsudado, e diminui a massa volúmica. Como desvantagem, tem o facto de não haver a possibilidade de fabricar massas volúmicas elevadas, pois à medida que se comprime o granulado, torna-se mais difícil este ser atravessado pelo vapor de água injectado, com um limite de compactação na ordem dos 300 kg/m³ (Gil, 2005).

No processo de cozedura, ocorre a aglomeração dos grânulos de cortiça que é efectuada num autoclave que funciona também como molde. O granulado, inserido em autoclave, após seu fecho, é ligeiramente comprimido, dependendo da compressão a massa volúmica requerida. É efectuado um aperto antes de se iniciar a cozedura que é feita por insuflação de vapor de água sobreaquecido, a uma temperatura de 300 a 370°C e a uma pressão de 30 a 60 kPa. No final da passagem do vapor pode realizar-se uma nova compressão, podendo o volume final passar a ser metade do inicial, no caso de blocos mais densos.

O vapor de água atravessa a massa de grânulos e produz a exsudação das resinas da cortiça para a superfície dos grânulos e o seu aumento de volume. Este vapor de água é produzido por caldeiras de vapor, alimentadas com os próprios resíduos de trituração e de acabamentos (pó de cortiça). Ocorre aqui a degradação termoquímica da parede celular da cortiça, com expansão dos grânulos. A suberina é o principal agente aglomerante. A cozedura demora entre 17 a 30 minutos, dependendo do teor inicial de humidade do granulado. Os casos mais comuns são os autoclaves paralelepípedos para blocos ou placas. A segunda compactação, atrás referida, dará origem ao esmagamento dos canais de escoamento, ao estabelecimento de novas superfícies de contacto e ao esmagamento celular nas zonas

de contacto. Após esta etapa, o aglomerado formado é transferido para um equipamento de arrefecimento (que injecta água a 100°C) onde é efectuada a secagem e estabilização.



Figura 57 - Introdução do granulado
no autoclave
(<http://www.youtube.com/watch?v=SV1OjFYrXP8>)

Durante o processo de cozimento, o aglomerado de cortiça expandida perde holocelulose (9 %) e extratáveis (10 %) ganhando no teor de suberina (44 %), lenhina (34 %) e cinza (6 %) (Gil, 1998).

Após o cozimento, os blocos resultantes são retirados e transportados para uma zona de arrefecimento. De seguida é aplicado um chuveiro de água a ferver por forma a evitar a autocombustão. O tempo em que a autocombustão é possível é no máximo de 10 horas (Gil, 1998).

Fase de corte

Após o completo arrefecimento dos blocos e da sua estabilidade dimensional ser atingida, é realizada a fase do corte. Nesta etapa, os blocos são seccionados com uma serra de fita e a esquadria é acertada, geralmente com uma serra de disco. De seguida procede-se à lixagem da superfície. O topo e a base dos blocos são eliminados por um corte fino pois nestas zonas, normalmente de pior qualidade, podem ocorrer pontos de carbonatação. As dimensões *standard* das placas são de 1000 x 500 mm, em diferentes espessuras.



Figura 58 - Placas de aglomerado
de cortiça expandida embaladas
(ISOCOR)

Segundo dados obtidos directamente com a Amorim Isolamentos S.A., no processo de fabrico das placas de aglomerado de cortiça expandida na fábrica da corticeira Amorim de Vendas Novas e utilizando emissões de referência para a electricidade de 0,470 kg de CO₂ por kWh e tendo como base o valor de 46 kWh/m³, dado de 2011, obtém-se um valor de 21,6 kg de CO₂ por cada metro cúbico de produto acabado.

As emissões de CO₂, que incluem as emissões derivadas do transporte e produção de matéria-prima são de 21,87 kg de CO₂/m³. A cortiça é um sumidouro de CO₂, ou seja, retém mais dióxido de carbono do que aquele que produz, contrariando assim o efeito de estufa, logo, em cada metro cúbico de aglomerado de cortiça expandida, o equivalente a 120 kg de material, ficam retidos 284,04 kg de CO₂. Ou seja, a pegada de CO₂ por cada m³ de aglomerado de cortiça expandida é de -267,17 kg/m³.

Na figura 59 encontra-se esquematizado o processo da produção.



Figura 59 - Esquema de fabrico do aglomerado de cortiça expandida (Gil,2006)

Analisando o processo de fabrico e tendo em conta os valores fornecidos pela corticeira Amorim, é possível concluir que o aglomerado de cortiça expandida é de facto um material de construção com baixa energia incorporada, em que cerca de 93% do consumo de energia na fabricação do produto é biomassa que resulta do próprio processo.

É ainda importante realçar que o aglomerado de cortiça expandida, quando comparado com outro material de isolamento muito utilizado em construção, o poliestireno expandido, possui um menor impacto no meio ambiente, tendo o poliestireno um maior contributo para o aquecimento global devido ao seu processo e ao facto de não ser um material reciclável e reutilizável (Lopes, 2011).

Aplicação e utilização do aglomerado de cortiça expandida

Após o processo de fabrico chegar ao fim, o material encontra-se pronto a ser aplicado em construção civil. As placas de aglomerado de cortiça expandida utilizadas em construção civil podem ser de três tipos:

- Térmicos;
- Acústicos;
- Vibráticos.

As diferenças entre estes tipos de aglomerados provém das diferenças em granulometria e em variações de compressão utilizada durante o processo de fabrico, o que influencia a densidade final das placas.

Como tal, e como já foi visto anteriormente, as aplicações do aglomerado de cortiça expandida são bastante variadas. As placas podem ser utilizadas como:

- Isolamento acústico;
- Isolamento anti-vibrático;
- Isolamento de coberturas inclinadas;
- Isolamento de coberturas planas;
- Isolamento de coberturas de betão;
- Isolamento de fachadas;
- Isolamento de paredes

Esta fase, a da aplicação e utilização do aglomerado de cortiça expandida, está compreendida desde o início do ciclo de vida do edifício até ao seu fim.

Final de ciclo de vida do edifício

Quando o ciclo de vida do edifício chega ao fim e se procede à sua demolição as placas de aglomerado de cortiça expandida serão retiradas do edifício.

Um exemplo da aplicação deste processo encontra-se nas fotos abaixo, em que as placas de aglomerado de cortiça estavam aplicadas como isolamento num edifício construído em 1964 e que foi demolido em 2009.



Figura 60 - Remoção de aglomerado de cortiça expandida de edifício devoluto (Amorim Isolamentos)

Após a remoção das placas, elas foram sujeitas a um ensaio térmico efectuado no laboratório Nacional de Engenharia Civil (LNEC) a pedido da Amorim Isolamentos S.A. Os ensaios foram realizados perante a Norma Europeia EN 12667:2001 - *“Thermal performance of building materials and Products – Determination of thermal resistance by means of guarded hot plate and heat flow meter methods – Products of high and medium thermal resistance”*.

O ensaio incidiu sobre cinco provetes, com dimensões nominais de 300 mm x 300 mm x 50 mm, tendo como objectivo a avaliação da sua condutibilidade térmica. Na tabela 25 encontram-se os resultados desse ensaio.

Tabela 25 - Ensaio da condutibilidade térmica do aglomerado de cortiça expandida (LNEC)

Proвете	Características do provete			Condições de ensaio					Resultados do ensaio
	Espessura de ensaio	Massa volumica aparente após condic.	Variacão relativa de massa durante a secagem (*)	Direcção e sentido do fluxo	Temp* média	Queda de temp*	Densidade de fluxo de calor	Variacão relativa de massa durante o ensaio	Condutibilidade térmica
	(mm)	(kg/m ³)	(kg/kg)		(°C)	(°C)	(W/m ²)	(kg/kg)	(W/m. °C)
A1	26,5	110,8	0,029	Vertical, ascendente	9,9	16,4	22,4	0,001	0,0390
A2	26,3	101,5	0,036		9,9	16,5	22,8	0,002	0,0391
A3	28,4	108,6	0,039		10,0	16,4	22,5	0,002	0,0390
A4	28,3	98,4	0,036		10,0	16,4	22,7	0,001	0,0391
A5	28,3	106,9	0,036		10,0	16,5	23,3	0,002	0,0399
Média	—	105	—	—	10,0	—	—	—	0,0392

Após a realização dos ensaios, as cinco amostras apresentaram uma condutibilidade térmica média de 0,0392 W.m⁻¹.C⁻¹. Apesar da quantidade das amostras retiradas ser limitada, é possível ainda assim ter a percepção de que o aglomerado de cortiça expandida não perdeu as suas características passados 45 anos após a sua aplicação uma vez que a condutibilidade térmica de um aglomerado novo apresenta uma variação de 0,036 e 0,040 W.m⁻¹.C⁻¹.

Granulado de cortiça expandida – A fase seguinte no ciclo de vida do aglomerado de cortiça expandida

Como foi referido anteriormente, o aglomerado de cortiça expandida é um material reciclável. Um dos usos a que se presta aquando da sua remoção de um edifício é a transformação em granulado de cortiça expandida.

Após a recolha, as placas são transportadas para a fábrica onde toma lugar um processo de reciclagem composto por duas fases. Numa primeira fase as placas de aglomerado de cortiça serão trituradas e posteriormente será feita uma limpeza para eliminar qualquer vestígio de material que não pertença originalmente ao aglomerado de cortiça. A este material dá-se o nome de granulado de cortiça expandida.

O granulado de cortiça expandida é usado em construção civil como enchimento leve de betonilhas, conferindo-lhes propriedades de isolamento térmico e acústico.



Figura 61 - Granulado de cortiça expandida usado como enchimento leve de betonilhas (Amorim Isolamentos)

Esta nova aplicação da cortiça aumenta ainda mais o seu ciclo de vida, reduzindo cada vez mais o impacto no ambiente causado pelos processos necessários à transformação da cortiça como matéria-prima nas placas de aglomerado de cortiça expandida, usadas como isolamento térmico e posteriormente no granulado de cortiça expandida usada como enchimento de betonilhas.

4.6. Discussão sobre as vantagens do uso da cortiça

O quarto capítulo centrou-se no estudo da cortiça como um material para utilizar em construções sustentáveis. Como foi visto a União Europeia é o maior produtor de cortiça, encontrando-se localizado no continente europeu mais de 80% da produção mundial, nomeadamente nos países do Sul do Mediterrâneo, dos quais se destaca Portugal, com mais de metade da produção europeia, que possui desta forma uma posição vantajosa para tirar partido das diversas possibilidades desta matéria-prima.

A eficiência energética e a construção sustentável têm vindo a tornar-se dois factores de crescente importância e que requerem uma preocupação constante por parte de todos os envolvidos no sector da construção. Estas mudanças na forma de pensar vêm da imposição de alterações em legislação, dos compromissos assumidos no protocolo de Quioto para a redução da emissão de gases de efeito de estufa e também no aumento dos custos de energia. A União Europeia tem promovido a eficiência energética em todos os sectores, implementando medidas de exploração de fontes de energia renováveis, reduzindo assim o consumo de combustíveis fósseis.

Na construção civil, o uso de materiais isolantes que contribuam para a redução das perdas de calor, por exemplo, não é indicativo de que esse material é sustentável ou que a sua aplicação tornará a construção muito mais sustentável. Esse material de construção, apesar de ter boas características de isolamento, poderá incorporar muita energia ao longo do seu ciclo de vida que incluirá o processo de fabrico, o transporte, a manutenção e a demolição.

Com o aglomerado de cortiça expandida estamos perante um material que contribui para a redução das emissões de CO₂, uma vez que é originário de uma espécie vegetal, o sobreiro, que, ao realizar a fotossíntese fixa o carbono atmosférico nos seus constituintes. Uma vez que este produto não é sujeito à combustão, o carbono incorporado na cortiça não regressa à atmosfera. O carbono fixado pelos sobreiros é então armazenado na cortiça e nos subprodutos daí provenientes e é mantido aí durante a vida útil do produto. O facto do aglomerado de cortiça expandida poder ser reciclado irá prolongar ainda mais a emissão deste carbono para a atmosfera.

Para além disto, a cortiça é uma matéria-prima renovável, e um mesmo sobreiro pode ser descortçado diversas vezes ao longo da sua vida, processo esse que não destrói a árvore, não alterando o ecossistema que a rodeia de nenhuma forma. O processo de fabrico do aglomerado não exige a adição de substâncias aglutinantes na sua produção, e o calor necessário para criar o vapor é produzido em caldeiras alimentadas com os resíduos da trituração e os gases gerados no processo de fabrico não têm substâncias prejudiciais ao ser humano.

O aglomerado de cortiça expandida é também um material de construção muito versátil, que possui diversos usos em construção civil, tais como:

- Isolamento térmico e acústico;
- Isolamento vibrático;
- Revestimento de paredes, pisos e tectos;
- Granulados para enchimento de espaços e misturas com argamassas;
- Juntas isolantes e de dilatação ou compressão.

Em virtude das diversas aplicações que possui, é um material que pode substituir, de forma eficiente, muitos materiais usados em construção correntemente. Materiais cuja origem não está em matérias-primas como a cortiça, mas sim em produtos derivados do petróleo, com mais energia incorporada no seu fabrico que os materiais de construção derivados da cortiça e com uma pegada de carbono muito superior.

As placas de aglomerado de cortiça, que foram analisadas no estudo de ciclo de vida neste capítulo, são um material de construção sustentável, reciclável e reutilizável. O processo inicia-se com a extracção da cortiça das árvores e termina com a cozedura do aglomerado de grânulos de cortiça. As placas são aplicadas em edifícios com diversos fins, contudo, o seu ciclo de vida não termina necessariamente quando o edifício é desocupado e demolido. Existe a possibilidade de remoção das placas e da sua transformação em granulado e na sua reaplicação em novas construções, já que as placas de aglomerado de cortiça expandida retêm as qualidades que possuíam aquando do seu fabrico.

Deste modo, é possível chegar á conclusão de que o aglomerado de cortiça expandida, com as diversas utilizações que possui, é um material de construção que poderá ser utilizado em habitações sociais e de baixo custo em países em vias de desenvolvimento. Como foi visto no capítulo 2 desta dissertação, as habitações de baixo custo que existem actualmente nos países estudados pecam pela não utilização de qualquer espécie de material de isolamento térmico ou acústico e, devido ao aumento populacional que os países em vias de desenvolvimento têm sofrido existe a necessidade de aumentar e renovar os seus parques habitacionais.

Como tal, existindo a necessidade actual de se optar por processos construtivos e materiais mais sustentáveis e com o ênfase que é dado ao consumo energético, a aplicação de aglomerado de cortiça expandida nestas novas habitações deveria ser considerada. A sua aplicação tornaria a vida nestes espaços mais apazíveis, graças a um melhor isolamento térmico e acústico e ainda a melhorias ao nível da transmissão de vibrações.

5. Conclusões e desenvolvimentos futuros

5.1. Conclusão

A procura de novos paradigmas para o sector da construção civil torna-se imprescindível para o processo de desenvolvimento sustentável, isto é, um desenvolvimento com respeito das questões ambientais, económicas e sociais nas sociedades.

Tendo em conta o conceito da sustentabilidade de materiais e de soluções construtivas e num contexto de encontrar soluções para os efeitos do aumento populacional, procurou-se estudar um material de construção que assegurasse um eficaz isolamento térmico sem que o processo de fabrico com ele relacionado fosse demasiado prejudicial para o meio ambiente ou que contribuísse para maiores impactos ambientais para o planeta.

A construção sustentável ao basear-se em princípios mais ecológicos e eficazes no contexto de minimizar o consumo de recursos e reduzir as emissões, permite também uma contribuição para a preservação de valores culturais, arquitectónicos e sociais na região em que se insere a sua intervenção. Deste modo assegura que se respeite o meio ambiente, através de indústrias que tenham um baixo impacte ambiental e se pautem pelas boas práticas da construção.

A indústria da construção é um dos sectores económicos mais importantes no Mundo, contudo é também um sector que continua a basear a sua actividade excessivamente em sistemas construtivos que utilizam com materiais que possuem muita energia incorporada no seu fabrico, o que faz do sector um dos que mais promove a excessiva utilização de recursos naturais e energéticos. Se juntarmos a este facto a necessidade construir um grande número de habitações para o número crescente da população mundial podemos estar perante um problema ambiental de proporções elevadas.

Como tal existem uma necessidade premente, a de encontrar materiais de construção que possam conjugar boas capacidades de isolamento térmico e que ao mesmo tempo sejam materiais sustentáveis, com baixa energia incorporada e com um capacidade para serem reciclados e reutilizados. O material estudado nesta tese e que poderá cumprir essa função é a cortiça. No caso em particular do tema deste trabalho procurou perceber-se qual as suas capacidades com isolamento térmico e qual na análise de ciclo de vida efectuada tentou entender-se qual o custo, em termos energéticos, que a produção de placas de aglomerado de cortiça poderá ter.

Conclui-se que a cortiça possui boas qualidades como material de construção, exhibe uma grande variedade de utilizações é um material sustentável, por ser reciclável, reutilizável e tem a sua origem

numa fonte renovável de matéria-prima. Ao possuir estas características, a cortiça é um material que poderá ser utilizado futuramente em novas construções em países em vias de desenvolvimento que tenham uma grande necessidade de habitações para um número cada vez maior de população mas que ainda assim exibam uma atitude mais sustentável no desenvolvimento dos novos aglomerados habitacionais ao mesmo tempo que procuram dotar essas novas habitações de um maior conforto para os seus habitantes, em relação ao que era expectável anteriormente.

5.2.Desenvolvimentos futuros

Tomando como ponto de partida as conclusões alcançadas com esta dissertação, torna-se evidente o benefício de analisar outros países em vias de desenvolvimento que tendo as mesmas carências ao nível habitacional que os estudados neste trabalho, que também pudessem beneficiar com a inclusão da cortiça como material de construção e estudar a sua adequação aos processos construtivos mais utilizados.

Ao nível do estudo de ciclo de vida, é importante efectuar uma análise de ciclo de vida do aglomerado de cortiça expandida mais completa e exaustiva, algo que devido à sua complexidade é difícil de efectuar num trabalho com estas dimensões. Tal análise poderia comprovar, que a cortiça, em relação às alternativas, possui uma menor pegada de carbono, produz menos resíduos no seu processo de fabrico, implica uma menor queima de combustíveis fósseis, e é um material reutilizável e reciclável, sendo portanto, sob todos os pontos de vista, mais sustentável

Bibliografia

AGO, Australian Greenhouse Office. Design for Life Style - Technical Manual, 2010.

Amado, M. 2005. Planeamento urbano sustentável. Casal de Cambra, Editora Caleidoscópio.

Amorim Isolamentos, S.A. 2014 - A. Aglomerado de cortiça expandida. Documento Técnico, Santa Maria da Feira.

Amorim Isolamentos, S.A. 2014 - B. Soluções de isolamento. Documento Técnico, Santa Maria da Feira.

Anink, D. 1996. Handbook of Sustainable Building - an Environmental Preference Method for Selection of Materials for Use in Construction and Refurbishment. Earthscan/James&James.

Araújo, Márcio A. 2010. A Moderna Construção Sustentável. Idhea.com <http://www.idhea.com.br/pdf/moderna.pdf>.

Augusto, C. 2011. A metodologia da avaliação do ciclo de vida na definição de critérios de sustentabilidade em edifícios. Portugal, Universidade Lusíada Editora, Coleção Teses, Lisboa.

Baratella, P. 2011. Análise do Desenvolvimento de Indicadores para a Avaliação de Sustentabilidade de Edifícios Brasileiros. Tese de Mestrado, São Paulo, UNICAMP

Bay, J. 2006. Tropical Sustainable Architecture: Social and Environmental Dimensions. Oxford, Architectural Press.

Bertoldi, P. e Atanasiu, B. 2007. Electricity Consumption and Efficiency Trends in the Enlarged European Union - Status report 2006. IES - Institute for Environment and Sustainability.

Bertoldi, P. 2009. Electricity consumption and efficiency trends in the enlarged European Union – Status report .IES – Institute for environment and sustainability.

Berge, B.2000. The Ecology of Building Materials. Oxford, Architectural Press

Boschmonart, J.2011. Environmental evaluation of the cork sector in Southern Europe (Catalonia). Tese de Mestrado, Universidade Autónoma de Barcelona

Bragança, L. 2006. Sustentabilidade de soluções construtivas. Congresso sobre construção sustentável, Porto, Ordem dos Engenheiros.

Brundtland, G. 1987. Our Common Future: Report of the World Commission on Environment and Development, Oxford, Oxford University Press.

Buildings Performance Institute Europe 2011. Europe's buildings under the microscope http://www.bpie.eu/eu_buildings_under_microscope.html (consultado a 17/11/2014)

Capeluto, I. 2002. Climatic aspects in urban design - a case study. Building and Environment 38, pp 827-835.

Chandler, M. 2012. The other side of cork. Saudi Aramco World, vol.63, pp 12-19.

Correia Guedes, M. 2011. Arquitectura Sustentável em Moçambique: Manual de Boas Práticas. Lisboa, ed. CPLP.

Croezen, H. 2013. Natural cork bottle stoppers: a stopper on CO₂ emissions? Delft, Relatório Delft.

DEC-FCT, ESLAM 2011. Projecto de I&D do Programa Sistema de Incentivos de Co- Promoção do QREN PAREDE ECOESTRUTURAL.Lisboa

Degani, C. 2002. A sustentabilidade ao longo do ciclo de vida de edifícios: A importância da etapa de projecto arquitectónico. Universidade de São Paulo – Escola Politécnica.

Dimoudi, A. e Tompa, C. 2008. Energy and environmental indicators related to construction of office buildings, Resources, Conservation and Recycling, vol. 53, pp.86-95.

Dworak, T. 2007. Final report EU Water saving potential (Part 1 –Report). Ecologic - Institute for International and European Environmental Policy.

EEA- European Environment Agency,2009.Water resources across Europe – confronting water scarcity and drought, p.5. EEA, Copenhagen.

Edwards, B. 2008. O Guia Básico Para a Sustentabilidade. Barcelona, Editorial Gustavo Gil.

Eires, R. 2006. Materiais não convencionais para uma construção sustentável. Universidade do Minho.

Enerbuilding 2008. Eficiência energética nos edifícios residenciais. Manual do consumidor. Intelligent Energy Europe, Lisboa.

Eurostat 2007. Consumers in Europe - Facts and figures on services of general interest. Eurostat, Luxemburgo.

Eurostat 2009. Energy Yearly statistics 2007. Eurostat, Luxembourg.

Eurostat 2011. Panorama of energy. Energy statistics to support EU policies and solutions.Eurostat, Luxemburgo.

Ferreira, J. 2012. The green life of wood – LCA Workshop. European Cork Confederation, Genebra.

Fortes, M. , Amaral M. 2004. A cortiça. Lisboa, IST PRESS.

Geraldes, I. 2012. Sustentabilidade da Construção de Habitação Social com Recurso a Liga Metálica Leve. Dissertação de mestrado, Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Nova de Lisboa

Gil, L. 1998.Cortiça: Produção, Tecnologia e Aplicação. Instituto Nacional de Engenharia e Tecnologia Industrial, Lisboa.

Gil, L. 1998. Cortiça: Produção, Tecnologia e Aplicação, Instituto Nacional de Engenharia e Tecnologia Industrial, Lisboa.

Gil, L. 2005. A Cortiça como Material de Construção - Manual Técnico, APCOR, Santa Maria de Lamas.

Gil, L. 2006. A cortiça e o vinho. Edição INETI, Lisboa.

Gomes da Silva, V. 2003. Avaliação da sustentabilidade de edifícios de escritórios brasileiros: directrizes e base metodológica. Tese de Doutoramento, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo.

Gonçalves, J. 2014. Caracterização das propriedades dos aglomerados de cortiça para isolamento térmico e acústico. Tese de Mestrado, Universidade do Porto.

Hammond, G., Jones, C. 2008. Inventory of carbon & energy (ICE) version 1.6a. Bath, Universidade de Bath

Harris, D. 1998. A quantitative approach to the assessment of the environmental impact of building materials. Building and Environment 37, pp 751-758.

Hernandez, P. 2010. From net energy to zero energy buildings: Defining life cycle zero energy buildings. Energy and Building 42, pp 815-821.

INE - Instituto Nacional De Estatística, 2009. Estatísticas de Produção Industrial de 2007. INE, Lisboa.

IPCC - Intergovernmental Panel On Climate Change, 2007. Climate Change 2007: Synthesis Report. Summary for Policymakers, pp. 12-17. Geneva.

ISOCOR. Ficha Técnica – Aglomerado de cortiça expandida. Lisboa.

ITeCons, Universidade de Coimbra 2008. Relatório de atraso térmico, Coimbra.

Kibert, C. 2008. Sustainable Construction: Green Building Design and Delivery (2º Edition). New Jersey, John Wiley & Sons

Kruger, E. 2011. Impact of urban geometry on outdoor thermal comfort and air quality from field measurements in Curitiba, Brazil. Building and Environment 46, pp 621-634.

Lopes, G. 2011. Avaliação do Ciclo de Vida de dois materiais de isolamento utilizados na construção civil: o poliestireno expandido e o aglomerado de cortiça expandida. Tese de Mestrado, Universidade do Porto..

Martins, N. 2009. Arquitectura e ambiente amigos para sempre. Disponível em <http://pt.scribd.com/doc/13345510/artigoConstrucao-Sustentavel>, acedido a 01/11/2014.

Mateus, R., Bragança L. 2006. Tecnologias Construtivas para a Sustentabilidade da Construção. Porto, Edições Ecopy.

Mateus, S. 2012. Construção Sustentável - Materiais eco-eficientes para a melhoria do desempenho de edifício. Dissertação de mestrado, Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Nova de Lisboa.

Meadows, D., Meadows, D., Behrens, W., Randers, J. 1972. Limits to growth. Nova Iorque, Universe Books.

Norma Portuguesa EN ISO 14040. ISO 14040:2008 Gestão Ambiental - Avaliação do Ciclo de Vida - Princípios e Enquadramento. Caparica, 2008.

Pacheco Torgal, F. 2010. A sustentabilidade dos materiais de construção. Portugal, Universidade do Minho Editora

Pinheiro, M. 2006. Ambiente e Construção Sustentável. Amadora, Instituto do Ambiente. http://www.lidera.info/resources/ACS_Manuel_Pinheiro.pdf, acedido a 08/2014.

Pinheiro, L.C., Análise sócio-demográfica para a caracterização de consumos domésticos em sistemas de distribuição de água, p. 23. Dissertação de Mestrado do Instituto Superior Técnico, Lisboa, 2008.

Price, D. 1995. Energy and Human Evolution. Population and Environment: A Journal of Interdisciplinary Studies. 16, n.º 4 . p. 301-319. <http://dieoff.org/page137.htm>. Acedido a 05/10/2014

Rojas, E. 2011. Housing Policy Matters for the Poor – Palestra proferida em 11 de Abril, Cambridge, EUA.

Santos Maia, J. 2013. Avaliação do ciclo de vida de soluções de reabilitação energética de fachadas. Tese de Mestrado, Universidade do Porto.

Sinding-Larsen, R. et al 2007. Recursos - a caminho de um uso sustentável. Holanda. http://yearofplanetearth.org/content/downloads/portugal/brochura6_web.pdf, (acedido a 05/11/2014).

SOFALCA (2014). Catálogo Isocor ,Lisboa.

Spiegel, R. (1999) Green Building Materials, A Guide to Product Selection and Specification. New York, EUA : John Wiley Sons, Inc, 1999. ISBN: 0-471-29133-1.

Thormark, C. 2001. Alow energy building in a life cycle—its embodied energy, energy need for operation and recycling potential. Building and Environment 37, pp 429-435.

Thomark, C. 2006. The effect of material choice on the total energy need and recycling potential of a building Building and environment, 41, 1019-1026

UNhabitat – A. Housing and slum upgrading
<http://unhabitat.org/urban-themes/housing-slum-upgrading/> (acedido a 4/10/2014)

UNhabitat – B. Planning and design
<http://unhabitat.org/urban-themes/planning-and-design/> (acedido a 11/10/2014)

United Nations (1987). Our common future : Brundtland Report, United Nations.

UNEP - United Nations Environment Programme, Sustainable Buildings & Construction Initiative 2006 Information Note. Paris, 2006.

:http://www.unepbsci.org/newSite/SBCIRessources/Brochures/showResource.asp?what=Sustainable_Buildings__Construction_Initiative , acedido a 15/12/2014.

Vanega, J. (2010). Sustainable Technologies for the Building Construction Industry. [Online] http://web.mac.com/urbangenesi/iWeb/Products/Publications_files/DGEPaper-CP001.pdf . , acedido a 15/12/2014

Vaz Fernandes, A. 2013. Métodos de avaliação da sustentabilidade das construções. Tese de Mestrado, Universidade do Porto.

Venkatarama R.2004. Sustainable building technologies. Special Section: Application of S&T to rural areas. Vol. 87, NO. 7.

Vieira, P., Almeida, M.D. e Ribeiro, R. 2006. Uso eficiente da água no sector urbano, Guia Técnico Nº.8. IRAAR, INAG e LNEC, Lisboa.

Yudelson, J. 2007. Green Building A to Z. Canada : New Society Publishers.

Zimmermann, M. *et al* 2005. Benchmarks for sustainable construction - A contribution to develop a standard. Energy and Buildings, Vol. 37, pp. 1147-1157.

Websites consultados:

<http://www.bcork.amorim.com/>

<http://www.amorim.com/>

<http://sofalca.pt/>

<http://www.apcor.pt/>

<http://www.amorimisolamentos.com/>

